



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DE CONCRETO COM USO DE RCD PARA APLICAÇÃO
EM PASSEIO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ESTRELA - RS**

Adilson Heleno da Silva.

Lajeado, novembro de 2018

Adilson Heleno da Silva

**AVALIAÇÃO DE CONCRETO COM USO DE RCD PARA APLICAÇÃO
EM PASSEIO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ESTRELA - RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rafael Mascolo.

Lajeado, novembro de 2018.

Adilson Heleno da Silva

AVALIAÇÃO DE CONCRETO COM USO DE RCD PARA APLICAÇÃO EM PASSEIO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ESTRELA - RS

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil:

Prof. Me. Rafael Mascolo – Orientador
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Me. Douglas Ferreira Velho
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Dr^a. Emanuele Amanda Gauer
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Lajeado, 13 dezembro de 2018

*“Há apenas uma maneira de evitar críticas:
não falar, não fazer e não ser nada”
(Aristóteles).*

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a minha mãe, Ede de Almeida Gomes, que nunca mediu esforços para me incentivar a estudar, ter algo que ela não conseguiu devido a sua origem humilde.

Agradeço ao professor e mestre Rafael Mascolo que aceitou ser meu guia nessa caminhada denominada TCC, orientando pelos desafios que apareceram ao longo deste estudo, sempre disposto e compartilhando a grande carga de conhecimento que possui. Um grande professor e amigo que foi a peça fundamental para a conquista de um sonho.

A equipe da prefeitura de Estrela que incentivaram o desenvolvimento deste estudo através de palavras de motivação e de conselhos acerca do tema escolhido.

Agradecer a UNIVATES e a toda a equipe de professores que compõe o curso de Engenharia Civil, pelos conhecimentos repassados, pelas amizades criadas.

RESUMO

As atividades da construção civil impactam diretamente no meio ambiente, por alterar a beleza cênica com suas construções, extrações ou depósito de rejeitos. No Brasil chegamos a utilizar cerca de 75% do que é extraído da natureza para as atividades da construção. Porém nem todo o material é aproveitado. Nesse sentido, surge o grande problema das cidades modernas que é a solução para a correta destinação dos resíduos sólidos, pois cerca de 60% de todo o resíduo gerado provem das atividades da construção, em seus diversos segmentos. Objetiva-se com o presente trabalho avaliar o potencial de reaproveitamento dos resíduos da construção e demolição gerados no município de Estrela/RS, que são recolhidos por empresas de tele entulho, para confecção de novos concretos sustentáveis passíveis de utilização em vias de passeios públicos substituindo o agregado graúdo convencional por agregado reciclado. Para o estudo foi analisado uma amostra coletada de uma obra escolhida de forma aleatória, sendo a mesma separada adequadamente em materiais constituintes e, após este processo, realizou-se a britagem dos resíduos. Os resíduos foram potencialmente aproveitados como cerâmicos e resto de concretos que foram utilizados em sua caracterização física e mecânica, bem como a produção e análise do concreto fabricado com os mesmos. Os resultados obtidos através das análises laboratoriais e demais ensaios apresentam um grande potencial de aproveitamento dos resíduos na fabricação de novos concretos sustentáveis utilizados na confecção de passeios públicos, impactando positivamente o meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos da construção. Agregado graúdo reciclado. Calçadas de concreto.

ABSTRACT

The construction activities directly impact on the environment, because it alters the scenic beauty with its constructions, extractions or deposit of tailings. In Brazil we use about 75% of what is extracted from nature for construction activities. But not all material is used. In this sense, the great problem of modern cities arises, which is the solution for the correct disposal of solid waste, since approximately 60% of all the waste generated comes from construction activities in its various segments. The objective of this work is to evaluate the potential for reuse of construction and demolition waste generated in the city of Estrela / RS, which are collected by cable companies to make new sustainable concrete that can be used on public roads, replacing the conventional aggregate by recycled aggregate. For the study, a sample was collected from a randomly chosen work, which was suitably separated into constituent materials and, after this process, the waste was crushed. The residues were potentially used as ceramics and other concrete that were used in their physical and mechanical characterization, as well as the production and analysis of the concrete manufactured with them. The results obtained through the laboratory analysis and other tests have a great potential of use of the residues in the manufacture of new sustainable concrete used in the making of public walks, positively impacting the environment.

Keywords: Construction waste. Recycled aggregate. Concrete sidewalks.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de resíduos de construção civil e Demolição

AG – Agregado Graúdo

AGR – Agregado Graúdo Reciclado

AM – Agregado Miúdo

AMR – Agregado Miúdo Reciclado

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção

CEF - Caixa Econômica Federal

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CP - Cimento Portland

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

LAPAV - Laboratório de Pavimentação

LATEC - laboratório de Tecnologias da Construção

NBR - Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

PIB – Produto Interno Bruto

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

RCC – Resíduo Construção Civil

RCD – Resíduo da Construção e Demolição

SISNAMA - sistema nacional do Meio Ambiente

SMMASB - Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Saneamento Básico

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Depósito dos Resíduos da Construção Civil	21
Figura 2– Origem dos Resíduos	22
Figura 3 – Resíduos Podem gerar problemas nas cheias	23
Figura 4 – Resolução CONAMA 307/2002.	27
Figura 5 - Composição Média do RCD	28
Figura 6 - Agregado com Presença de impurezas.....	29
Figura 7 - Concreto sofrendo ação de Cloretos	29
Figura 8 - Índices IBGE para Município de Estrela	33
Figura 9 - Caçamba de Recolhimento de RCC na cidade de Estrela.....	34
Figura 10 - Agregado Graúdo Reciclado (AGR)	38
Figura 11 - Agregado Miúdo Reciclado (AMR)	38
Figura 12 - Utilização das Calçadas.....	39
Figura 13 - determinação da Massa Especifica do cimento	43
Figura 14 - Recolhimento de RCD na obra	45
Figura 15 - Balança utilizada.....	46
Figura 16 - Britador Municipal	47
Figura 17 - Resíduo após britagem.....	48
Figura 18 – Granulometria agregado graúdo adquirida	49

Figura 19 - Gráfico da granulometria do agregado RCD concreto	50
Figura 20 - Gráfico granulometria do agregado RCD cerâmico	51
Figura 21 - Gráfico granulometria do agregado RCD Misto	52
Figura 22 - Ensaio para quantidade de material pulverulento	53
Figura 23 - Moinho de <i>Los Angeles</i>	54
Figura 24 - Esferas abrasivas e Material para teste	55
Figura 25 - Gráficos porcentagem abrasiva segundo teste de <i>los angeles</i>	56
Figura 26 - Massa Especifica dos agregados	58
Figura 27 – Granulometria agregado miúdo	60
Figura 28 - Material preparado para concretagem.....	61
Figura 29 - Gráficos da dosagem pelo método IPT/EPUSP	63
Figura 30 - <i>Slump Test</i>	65
Figura 31 - Processo de rompimento a compressão	66
Figura 32 - Execução do Teste de absorção por Capilaridade.....	68
Figura 33 - Pesagem das amostras	68
Figura 34 - Extensômetro aplicado ao CP	69
Figura 35 - Plano de Ação da Pesquisa.....	70
Figura 36 - Abatimento tronco de cone	72
Figura 37 - Massa Especifica do concreto x Massa Especifica do agregado.....	75
Figura 38 - Gráficos da resistência a compressão.....	76
Figura 39 – Ganho Potencial capacidade de compressão em comparação ao agregado natural	77
Figura 40 - Resistência a compressão x Porosidade.....	78
Figura 41 - Gráfico da Evolução da absorção por capilaridade segundo o tempo.....	79
Figura 42 - Capilaridade x Porosidade.....	80
Figura 43 - Absorção x índice de vazios	81
Figura 44 - Valores de abrasão dos concretos produzidos	82
Figura 45 - Modulo de Elasticidade dos Concretos	83
Figura 46 - Fatores que influenciam o módulo de Elasticidade	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa Especifica do Cimento.....	44
Tabela 2 - Percentuais de materiais coletados	46
Tabela 3 - Composição material pulverulento dos agregados.....	53
Tabela 4 - Massa especifica dos Agregados	54
Tabela 5 - Massa Unitária dos Agregados	57
Tabela 6 - Massa Específica dos Agregados Graúdo.....	57
Tabela 7 - Teste de absorção dos agregados	58
Tabela 8 - Composição do Traço IPT/EPUSP	61
Tabela 9 - Resultados dos valores de compressão Axial	62
Tabela 10 - Traço utilizado para referência no trabalho	64
Tabela 11 - Aditivo x <i>Slump Test</i>	73
Tabela 12 - Massa especifica do Concreto	74

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação de porcentagem de material pulverulento	53
Equação 2 - Equação da abrasão Los Angeles	55
Equação 3 - Massa específica	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Tema.....	16
1.2 Delimitação do tema	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo geral	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificativa.....	17
1.5 Estruturação do Trabalho.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	20
2.1 Resíduos da Construção Civil.....	20
2.2 Leis Ambientais acerca da Geração de Resíduos.....	23
2.3 Resolução CONAMA 307 de 2002	24
2.4 Caracterização dos resíduos.....	27
2.5 Tipos de Resíduos da Construção e Demolição	28
2.5.1 Resíduos de solos e decomposições orgânicas.....	28
2.5.2 Presença de Cloretos.....	29
2.5.3 Resquícios de gesso.....	30
2.6 Análise Técnica, Econômica e Sócio ambiental.....	30
2.7 Resíduo construção civil no município de Estrela.....	33
2.8 O uso do RCD no concreto.....	35
2.9 Calçadas - Passeio Público	39
2.9.1 Legislação sobre Calçadas	40
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1 Materiais utilizados	42
3.1.1 Cimento.....	42
3.1.2 Agregado Graúdo.....	44
3.1.3 Massa Específica dos Agregados Graúdo	57
3.1.4 Absorção de água dos agregados graúdos.....	58
3.1.5 Água de Amassamento.....	59
3.1.6 Agregado Miúdo	59
3.1.7 Aditivo Químico.....	60

3.2 Métodos.....	60
3.2.1 Determinação do Traço IPT/EPUSP	60
3.2.2 Determinação do Traço Base	63
3.2.3 Avaliação da consistência por abatimento de tronco de cone.	64
3.2.4 Massa Específica do Concreto.....	65
3.2.5 Ensaio de Compressão Axial	66
3.2.6 Absorção e índice de vazios	67
3.2.7 Absorção de água por capilaridade.....	67
3.2.8 Módulo de Elasticidade.....	69
3.2.9 Fluxograma de Pesquisa	69
 4 RESULTADOS OBTIDOS.....	 71
4.1 Ensaio concreto em estado fresco	71
4.1.1 Ensaio de abatimento tronco de cone – <i>slump test</i>	71
4.1.2 Massa específica do concreto.....	74
4.2 Ensaio concreto em estado endurecido.....	75
4.2.1 Ensaio de resistência a compressão.....	75
4.2.2 Absorção de água e índice de vazios	78
4.2.3 Índice de Vazios e Absorção de Água por imersão	80
4.2.4 Teste de Abrasão Los Angeles	82
4.2.5 Módulo de Elasticidade.....	83
 5 CONCLUSÃO	 85
 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	 88
 REFERÊNCIAS	 89

1 INTRODUÇÃO

O ser humano a cada dia destrói a natureza que o envolve, sendo através da poluição do ar, emitindo gases tóxicos com suas indústrias, na poluição da água, através dos despejos tóxicos, e da terra, causada por lixo domésticos e industriais por meio de aterros sanitários mal projetados (AMORIN et al., 1999). Leite (2001) nos retrata que o homem busca o aspecto da realização econômica negligenciando os cuidados ambientais, sendo que a humanidade não coexiste sem os recursos naturais. Isso nos traz na maior discussão da atualidade, que é o desenvolvimento sustentável.

Um dos principais itens de preocupação do governo são os índices de desenvolvimento econômico do país, porém tal preocupação leva a negligenciar as responsabilidades com o meio ambiente, exaurindo recursos naturais que são limitados (Leite, 2001). Um dos fatores de maior importância no desenvolvimento ambiental do país está na construção civil, estruturada na construção de habitações ao desenvolvimento urbano com toda a infraestrutura de transporte, saneamento básico e produção de energia. A construção Civil representa uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país, que segundo Souza (2004) é de 15% de todo o PIB nacional.

A fim de atender as necessidades do desenvolvimento econômico do país, a indústria da construção civil é a grande exploradora de recursos naturais para a fabricação de seus insumos e consequentemente a que gera impactos desastrosos no meio ambiente, desde a extração e beneficiamento dos recursos ao resíduo que

a mesma gera dos rejeitos do processo construtivo (AMORIN et al., 1999). Santos (2011) afirma que a engenharia civil é uma das atividades humanas que mais impacta negativamente com o meio ambiente, tanto pelo consumo de matéria prima extraída da natureza, quanto pela energia consumida na realização de suas atividades.

O estudo de medidas sustentáveis na área da construção civil vem ganhando destaque no meio acadêmico, com pesquisa de novos materiais provindos de reaproveitamento de resíduos e novas técnicas que diminuem o desperdício de matéria prima. A reciclagem dos resíduos provenientes da construção e demolição contribuem para obtenção de materiais com menor custo e redução dos impactos ambientais (PATTO, 2006).

Para o cenário brasileiro o emprego do agregado reciclado sofre preconceito, apesar das pesquisas acadêmicas abordarem sua incorporação em concretos não estruturais e argamassas, o uso típico do agregado reciclado ainda se limita a confecção de base e sub-base de vias (PATTO, 2006). O emprego do RCD em obras menos complexas desenvolve a credibilidade no uso do material.

1.1 Tema

O tema do presente trabalho está associado a avaliação da viabilidade de utilização de agregados graúdos reciclados em concretos utilizados em passeio público.

1.2 Delimitação do tema

Este trabalho irá limitar-se na coleta do RCD dentro da área municipal de Estrela/RS pré-selecionado em duas categorias distintas: os cerâmicos e os concretos. Para confecção será adotado apenas 1 (um) traço de referência, através do método IPT/EPUSP usando cimento CP V – ARI, o agregado graúdo será delimitado a faixa equivalente a brita nº 1 e a coleta do RCD será efetuado de apenas uma amostra escolhida aleatoriamente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade técnica da aplicação de concreto com agregado graúdo de RCD em passeio público.

1.3.2 Objetivos específicos

O objetivo geral será alcançado através do desenvolvimento dos objetivos específicos elencados, oriundos da análise dos componentes físicos e mecânicos do agregado graúdo oriundo de resíduos da construção civil e das propriedades finais do concreto proveniente da utilização deste material, para isso foi determinado as seguintes linhas de análise:

- análise das propriedades mecânicas do agregado graúdo reciclado;
- avaliar a viabilidade técnica do emprego do agregado graúdo reciclado no concreto de calçamentos;
- comparação das propriedades físicas e mecânicas do concreto tradicional utilizado em calçamentos públicos confrontando com o concreto oriundo da substituição total por agregado reciclado;
- proceder um levantamento quantitativo dos Resíduos da Construção Civil na cidade de Estrela;
- realizar um estudo sobre os principais tipos de resíduos gerados pela construção civil.

1.4 Justificativa

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2010), 175.325 toneladas de lixo são produzidas pelos Brasileiros diariamente, nesse contexto a Associação Brasileira para Reciclagem de resíduos de construção civil e Demolição (ABRECON, 2010) identificou que 60% do lixo sólido das cidades vem da construção Civil. No município de Estrela este dado não se distância. No ano de 2012 o município realizou um estudo, através da secretaria de meio ambiente e saneamento básico (SMMASB) identificando que dentro da área urbana é gerado

700 toneladas por mês de resíduos recolhidos por empresas de tele entulho, sendo que 75% do montante era proveniente de resíduos da construção e demolição (RCC).

O Município de Estrela possui em sua planta uma máquina de britagem licenciada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) o qual realiza a britagem dos fragmentos de rocha basáltica para uso nas atividades do ente público como: concretos para confecção e reparos de calçamentos, base, sub-base e para melhorar a trafegabilidade de estradas de terra do interior. O britador municipal é o equipamento necessário para realizar a britagem do RCD ao tamanho padrão de 19mm correspondente ao tamanho da brita nº 01, obtendo assim o produto final desejado.

Para Oliveira (2011) cerca de 70% do resíduo da construção e demolição é composto por materiais do tipo cerâmico, concretos, argamassas, rochas, ou seja, materiais possíveis de serem britados. O processo de reaproveitamento dos resíduos traz impactos econômicos e principalmente ambientais, pois consumiria até 70% do montante do RCD que teria destinos em aterros ou áreas clandestinas, possibilitando a proliferação de animais peçonhentos e outros causadores de doenças.

Uma das vastas possibilidades do uso de RCD na construção civil está no emprego do mesmo em obras de baixa complexidade, tais como o concreto para passeio público, o qual não tem finalidade estrutural. O reuso de resíduos traz economia ao usuário, desde que mantenha os índices de qualidade esperado para a finalidade, pois o descarte do material gera custos, já o reaproveitamento traz economia ao se eliminar o fator de custo de descarte e a compra de material tradicional.

Tendo em vista os fatores anteriormente elencados torna-se necessário o estudo técnico das propriedades físicas e mecânicas do agregado oriundo do reaproveitamento de resíduos da construção e demolição, a fim de compara-las ao agregado tradicional. Esses fatores interferem na qualidade e propriedades do concreto final, produzido com esse novo material, em vias de passeio públicas.

1.5 Estruturação do Trabalho

O presente trabalho foi estrutura em 5 capítulos, conforme segue:

No capítulo 1 há a introdução ao tema de abordagem do trabalho, no qual são apresentados os objetivos geais e específicos e a estrutura do trabalho.

O capitulo 2 abrange o referencial teórico que documenta o desenvolvimento do estudo, que relata a origem dos resíduos, englobando sua caracterização, o embasamento legal de sua destinação e seus impactos para a sociedade, desde econômicos a danos ambientais que os mesmos podem gerar. É neste capitulo que o assunto é analisado do ponto de vista municipal, expondo os índices de geração de resíduos e a forma como o Município de Estrela/RS o gerencia. São abordados os estudos já realizados com o material reciclado empregando suas vantagens e desvantagens para reaproveitamento na construção civil.

Para o capitulo 3 tem-se a exposição dos materiais utilizados que formam a base do presente estudo. Juntamente com os métodos empregados para obtenção dos resultados propostos, executados em laboratório.

O capitulo 4 revela os resultados obtidos através da realização do programa experimental executados em laboratório, bem como a relação de valores em contracena ao traço base e ao agregado convencional.

No capítulo 5 é apresentado a conclusão do autor levando em consideração os resultados obtidos e as premissas básicas para se alcançar os requisitos mínimos no objetivo proposto.

Capitulo 6 é dedicado as considerações e sugestões para os trabalhos futuros oriundos do referido tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica com abordagem dos conteúdos que fundamentam o tema escolhido para o trabalho.

2.1 Resíduos da Construção Civil

A humanidade desenvolveu a exploração contínua dos mais variados recursos naturais não se preocupando com os danos que isso possa gerar. O desenvolvimento das cidades, através desta ação do homem, resultou na degradação dos recursos naturais e na poluição do meio ambiente (MALHEIROS; ASSUNÇÃO, 2000).

Desde o princípio da humanidade, construir é algo realizado de maneira artesanal, empilhando pedras em cima de pedra. Apesar de haver tecnologias, não houve mudanças em relação a isso e a grande quantidade de resíduos gerados por construção e demolição é significativa (SCHULZ & HENDRICKS apud LEITE, 2001).

Atualmente, os resíduos são oriundos dos diversos processos produtivos e seus impactos ambientais estão longe de serem resolvidos de maneira efetiva e adequada segundo dados levantados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), cerca de 48% dos municípios não possuem esgoto sanitário e cerca de 69% dos resíduos produzidos nas cidades são depositados pelos lixões, conforme nos ilustra a Figura 1. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE, 2010) informou que diariamente são produzidas cerca de 175.325 toneladas de lixo, sendo que 63% desse montante é oriundo da Construção Civil.

Figura 1 – Depósito dos Resíduos da Construção Civil



Fonte: Correio do Estado (2015).

A separação dos resíduos dentro da obra é um fator de grande dificuldade, pois o sistema construtivo convencional não se preocupa em separar os resíduos gerados em sua origem:

A existência de tubulação de descida de resíduos única e de caçamba única faz com que as caçambas de resíduos de canteiros de obra misturem fases diferentes, geradas de forma separada, o que dificulta a reciclabilidade (JOHN, 2000, p.58).

O maior problema enfrentado trata-se do destino final dos resíduos da construção e demolição. Verifica-se tais resíduos são descartados em aterros públicos ou são depositados em “bota-fora” ilegais, tornando-se extremamente danosos ao meio ambiente, influenciando não só os problemas ambientais bem como problemas sociais e de saúde pública (ÂNGULO apud GUERRA, 2009, p. 21).

Atualmente o método empregado para o recolhimento do RCC é o uso de caçambas estacionárias de empresas privadas para o recolhimento dos resíduos, onde a empresa é responsável pela correta deposição final, no entanto muitas vezes os resíduos são dispostos em aterros clandestinos sem nenhuma preocupação ambiental (JOHN, 2000).

As origens dos resíduos da construção provem de novas construções ou de demolições. Segundo Santos (2008) em determinados países desenvolvidos as obras de demolição costumam ser mais frequentes do que novas obras de construção. A Caixa Econômica Federal (CEF, 2005) realizou um levantamento informando que a relação de resíduos gerados é 20% proveniente de novas residências, 21% de novas edificações acima de 300m² e 59% oriundos de reformas e demolições. O resumo dos dados pode ser visto na Figura 2.

Figura 2– Origem dos Resíduos



Fonte: Adaptado CEF (2005).

O Brasil é um país muito atrasado no que diz respeito a tratamento de resíduos da construção, Vieira (2003, pg.37) confirma isso:

No Brasil, apesar da grande demanda de material que pode ser reciclado, o uso na fabricação de concretos ou de outros elementos da construção civil é pouco ou quase inexistente, sendo estes materiais utilizados em sub-bases de vias e rodovias, na sua grande maioria. A escassez dos recursos naturais é um problema que, aparentemente, não afeta este país.

Para Pinto (1999) a deposição irregular do Resíduo da Construção Civil além de gerar impactos ambientais de magnitude severa, prejudica os serviços urbanos em relação a drenagem superficial, podendo causar obstrução de córregos intensificando os problemas conforme mostra Figura 3.

Figura 3 – Resíduos Podem gerar problemas nas cheias



Fonte: Diário de Araxá (2010).

2.2 Leis Ambientais acerca da Geração de Resíduos

Em termos técnicos o Resíduo da Construção e Demolição (RCD) é todo e qualquer resquício gerado no processo construtivo seja ele de novas construções, reformas ou demolições (ABRECON, 2017).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão do sistema nacional do Meio Ambiente denominado SISNAMA e foi regulado pela Lei 6.938 de 1981, cujas atribuições são de prover Resoluções, Moções e Recomendações. Define em seu artigo 2º que a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (CONAMA, 1981, art.2).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) definiu sobre a Norma Brasileira (NBR) nº 10.004 de 2004 a Classificação dos Resíduos Sólidos como classe 1 e classe 2, sendo a classe 2 subdivida em inertes e não inertes. Para definições gerais os resíduos da construção são enquadrados na classe II item B, cuja redação se dá:

Submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente [...], não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Alguns elementos como solventes, óleos e tintas, podem alterar a definição do resíduo para classe I e classe II subitem “a”. Porém a melhor definição para classificação do RCD se dá através da pela resolução 307 do CONAMA de 2002:

a) resíduos classe I – perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma; Gestão de resíduos da construção civil: análise da cidade de Porto Alegre

b) resíduos classe II A – não-inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

c) resíduos classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 307 Art. 2º de 2002, determina em seu item primeiro:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

2.3 Resolução CONAMA 307 de 2002

O RCD é todo resíduo proveniente de obras civis que vai desde o concreto ao plástico utilizado. Diversos desses materiais possui alto poder de reutilização e reciclagem, porém devido à grande variabilidade desses materiais dificulta a

segregação e reciclagem dos mesmos. A resolução 307 do CONAMA classifica os resíduos da construção civil em classes conforme artigo 3:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A resolução 307/2002 traz consigo as definições de expressões usualmente utilizadas como:

- Resíduos da construção civil: materiais oriundos de construções, demolições ou reformas, sendo os materiais principais: tijolos; solos; blocos cerâmicos; e concreto.
- Agregado: é todo o material granular utilizado na construção civil, podem ser de material reciclado que se dá através do beneficiamento de outros resíduos da construção.
- Gerenciamento dos resíduos: é a ação que tem por objetivo reduzir, reaproveitar ou reciclar resíduos, desde o planejamento a pratica.
- Reutilização: reuso do resíduo sem a necessidade de qualquer tipo de modificação.

- Reciclagem: é o reuso do resíduo após seu processo de transformação.
- Beneficiamento ocorre quando o resíduo é submetido a processos que modificam a condições de reaproveita-lo como matéria-prima ou mesmo produto final.
- Aterros de RCC: uma área destinada ao depósito dos resíduos da construção no solo, incumbido de técnicas e princípios de engenharia para compacta-los e por assim utilizar o menor espaço sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
- Áreas de destinação de resíduos: são áreas de disposição final dos resíduos, são áreas ambientalmente licenciadas pelos órgãos competentes e possuem diversas características técnicas que devem ser seguidas.

A resolução CONAMA 302/2002 é retratada por Oliveira (2001, apud VIEIRA, 2003), classificando o concreto como um material inerte de classe II-B, só que devido ao concreto realizar a contaminação da água presente no subsolo, onde ele é depositado, possui características de reagir quimicamente com o meio.

O Resíduo da construção varia conforme a etapa da obra em questão e a sua finalidade, isso afeta diretamente a qualidade do agregado produzido do RCD (JOHN, 1999). A geração de resíduos tipo Classe A geralmente ocorre nas etapas iniciais da obra, especialmente no canteiro. A Figura 4 nos exemplifica a resolução CONAMA de forma ilustrada.

Figura 4 – Resolução CONAMA 307/2002.



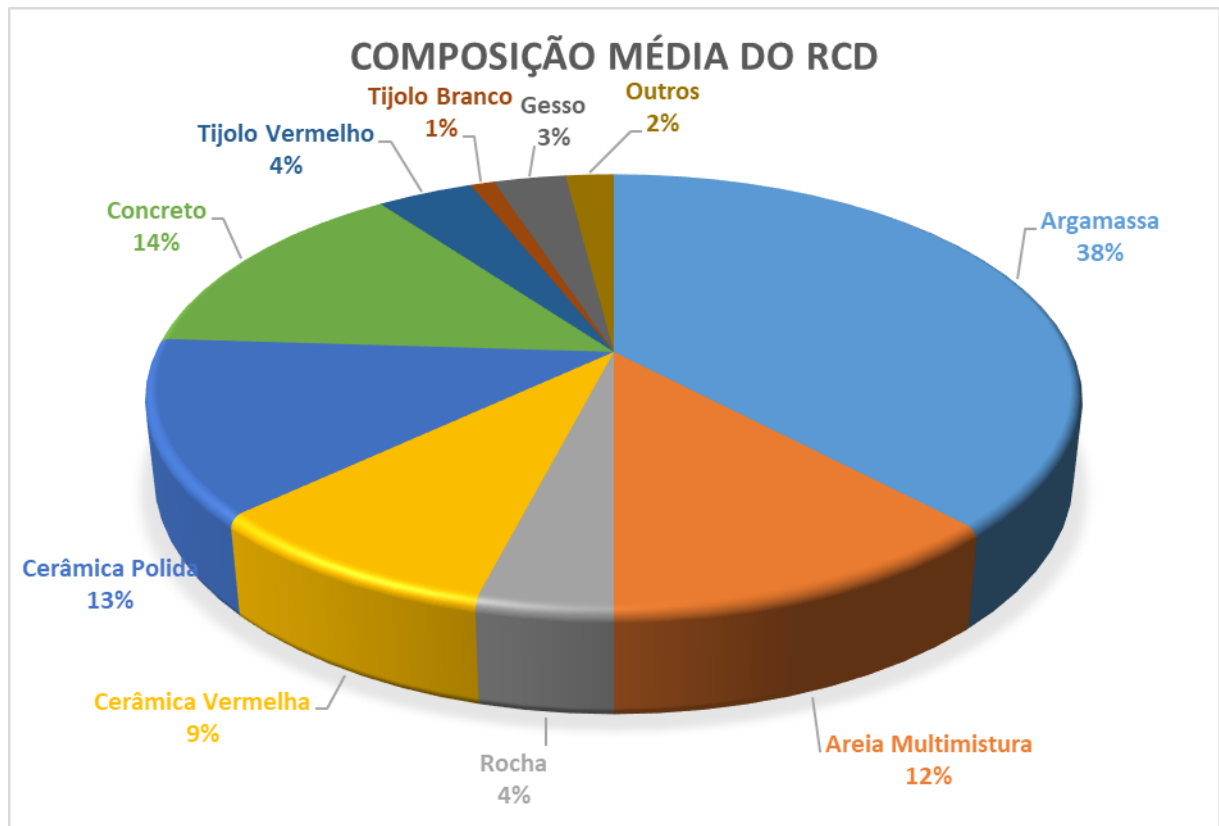
Fonte: Resolução CONAMA 302/2002, adaptado pelo autor (2018).

2.4 Caracterização dos resíduos

A análise de Pinto (1986) traz diversas composições de entulhos recolhidos de obras, mesmo sendo muito variável de acordo com o local, o tipo ou fase da obra, geralmente a mistura se compõe em 60% de argamassa, 30% é um composto por tijolos, blocos e cerâmicas, 9% de materiais como concreto, pedra e metálicos e 1% de orgânicos.

A Figura 5 demonstra uma média da composição do RCD gerado nas construções.

Figura 5 - Composição Média do RCD



Fonte: Oliveira *et al* (2011), adaptada pelo autor.

2.5 Tipos de Resíduos da Construção e Demolição

A resolução CONAMA 307 de 2002, constante de sua alteração em seu artigo 3º nos explana os resíduos e suas classificações, Leite (2001) descreve alguns empecilhos que são encontrados nos RCD.

2.5.1 Resíduos de solos e decomposições orgânicas

Os restos de material orgânico é um empecilho crucial no reaproveitamento de outros materiais, pois ao entrar em contato com outros resíduos da construção, como cerâmicas, concretos ou argamassas, o mesmo se torna de difícil remoção, necessitando de uma preparação especial como lavagem do resíduo, porém como as micropartículas já estão inseridas nos vazios dos agregados podem vir a trazer mais contaminantes consigo e consequentemente afetando as características mecânicas, como a resistência, que o agregado possuía, na Figura 6 podemos verificar a presença de sujeira entorno do agregado (LEITE, 2001).

Figura 6 - Agregado com Presença de impurezas



Fonte: Do autor (2018).

2.5.2 Presença de Cloretos

Seguindo o ponto de vista de Lovato (2007) sobre os malefícios da presença de cloretos nas obras de engenharia civil é que afeta o concreto em sua composição química, correndo armaduras. Esse processo é oriundo de áreas onde a presença da salinidade da água, e é de extrema importância evitar o uso de materiais contaminados afim de se evitar o contágio de novos concretos produzidos com resíduos dessa origem. A Figura 7 nos apresenta um concreto contaminado pela ação de cloretos.

Figura 7 - Concreto sofrendo ação de Cloretos



Fonte: Axfiber (2017).

Os agregados contaminados infectam o concreto produzido, trazendo consigo inúmeras patologias, que por sua vez podem vir a condenar todo o processo construtivo.

2.5.3 Resquícios de gesso

A própria resolução CONAMA 307 aborda o resíduo de gesso como sendo inviáveis economicamente tipo classe C, porém conforme Leite (2001) nos explana que os vestígios desse material devem ser removidos logo na primeira triagem, pois se fragmentam facilmente, formando partículas minúsculas que aderem aos outros materiais e de posterior difícil remoção, porém o pior caso está em que o gesso possui propriedades expansivas, onde incorporado a fabricação de concretos criam tensões internos e consequentemente fracionam o material de dentro para fora.

2.6 Análise Técnica, Econômica e Sócio ambiental

A construção civil, mesmo após as evoluções industriais que aconteceram nos últimos tempos, ainda se mostra uma atividade rudimentar e manual. Com a falta de planejamento adequado, mão de obra por muitas vezes pouco qualificada e sem o emprego de processos tecnológicos, torna o desperdício de materiais um cenário comum na engenharia civil. Leite (2001) cita que o mercado da construção civil se mostra como uma das melhores viabilidades para o aproveitamento de materiais reciclados, pois o homem constrói em todas as regiões.

Os poderes públicos utilizam da gestão corretiva quando os assuntos são os resíduos e não contam com uma política eficaz na gestão do problema, tratando desde a sua origem. A solução mais adequada está em adotar a gestão baseada na sustentabilidade, ou seja, ações que se originam desde a coleta do entulho, sua triagem e reaproveitamento, em paralelo com reeducação de procedimentos e culturas da utilização de materiais reciclados (PINTO, 2001).

Os centros de pesquisas das universidades estão cada vez mais dedicados a estudar a utilização do agregado, oriundo de RCD, nas mais diversas etapas e processos da própria construção civil. Realizando seu beneficiamento tornando assim possível matéria prima na fabricação de argamassas, britas, rachão, pisos, base de pavimentos, blocos entre outros (KARPINSKI *et al.*, 2008), cabe ressaltar

que argamassas e concretos derivados do RCD devem ter cuidado especial, em concordância com Vieira (2003, pg.43):

Tomadas as devidas e criteriosas precauções, os concretos obtidos a partir de agregados reciclados podem ser utilizados nas mais diversas atividades do setor de construção civil. Estas precauções referem-se ao tratamento dado ao agregado reciclado desde o seu beneficiamento até o momento de ser utilizado na mistura do concreto. Essa, talvez, seja a grande dificuldade de se trabalhar com agregados reciclados no concreto. Por causa da grande heterogeneidade e variabilidade na composição dos agregados reciclados, às vezes não é possível obter concretos de boa qualidade, que atendam aos requisitos pré-estabelecidos para a produção da mistura e do desempenho do mesmo.

Não há gestão do resíduo da construção civil sem a reciclagem do RCD, porém tal processo sempre deve ser reputado sua viabilidade técnica, econômica e socioambiental.

Pesquisas no decorrer dos anos, através de trabalhos acadêmicos, vem comprovando o reaproveitamento dos rejeitos de diversos processos em novos materiais, um forte exemplo disso está ligado na própria sobra industrial, dos subprodutos como escória de alto forno, cinza volante e a sílica que atualmente são utilizados na fabricação de cimentos, concretos e argamassas (PINTO, 2001).

Para Capello (2006) do ponto de vista econômico os resíduos da construção civil tornam-se viáveis, pois por muitas vezes as jazidas de extração mineral estão cada vez mais distantes das cidades, aumentando o custo dos fretes, enquanto os resíduos encontram-se presentes nos próprios centros urbanos.

A construção Civil é um dos setores que melhor acolhe a utilização de produtos reciclados, ou descartes de outros processos como a escória de alto forno, pois há construções em praticamente todos os locais e os resíduos por sua vez podem ser aproveitados na própria obra ou região (ZORDAN, 1997). Além disso, Vieira (2003) estimou que o custo da produção de argamassa com material reciclado chega a ser 48% mais barato do que o realizado com materiais de uso convencional.

O RCD atua como fator econômico em diversos segmentos da nossa sociedade, como a diminuição do consumo da própria matéria prima e consequentemente na economia de energia elétrica. Podemos considerar que com a utilização do RCD iremos ter um decréscimo dos custos operacionais públicos dos municípios com a remoção e disposição dos restos clandestinos. Um estudo que

Carneiro (2001) traz é que os custos operacionais para as prefeituras de disposições irregulares de RCD são de aproximadamente US\$ 10/m³, já a reciclagem desse material seria de US\$ 2,50/m³. Já Schenini (2004, p. 7) nos relata os benefícios econômicos da atividade de reciclar o resíduo da construção civil:

A reciclagem, além de representar uma redução de até 75% (setenta e cinco por cento) do custo da remoção e tratamento de doenças para o município, produz uma cadeia de benefícios de relevante importância. Estende o tempo de vida útil dos aterros, preserva os recursos naturais, transforma uma fonte de despesa em fonte de receita e impede a contaminação de novas áreas de despejo.

A produção de agregados a partir dos entulhos, que é uma das formas mais simples de seu reaproveitamento, gera economias de cerca de 80% (oitenta por cento) em relação ao preço dos agregados convencionais. Sua reutilização, por outro lado, dispensa a extração de matéria prima da natureza, conservando-a sob dois aspectos: não degrada o solo com a remoção e não polui o ar com os gases emitidos pelas máquinas e caminhões empregados na extração e transporte.

O fator mais importante para se estudar é o viés socioambiental que o aproveitamento do resíduo da construção trás para a sociedade. As exigências no cuidado com o meio ambiente tiveram exponencial crescimento nos últimos anos, percebemos isso com o aumento dos órgãos de fiscalização em todas as esferas públicas.

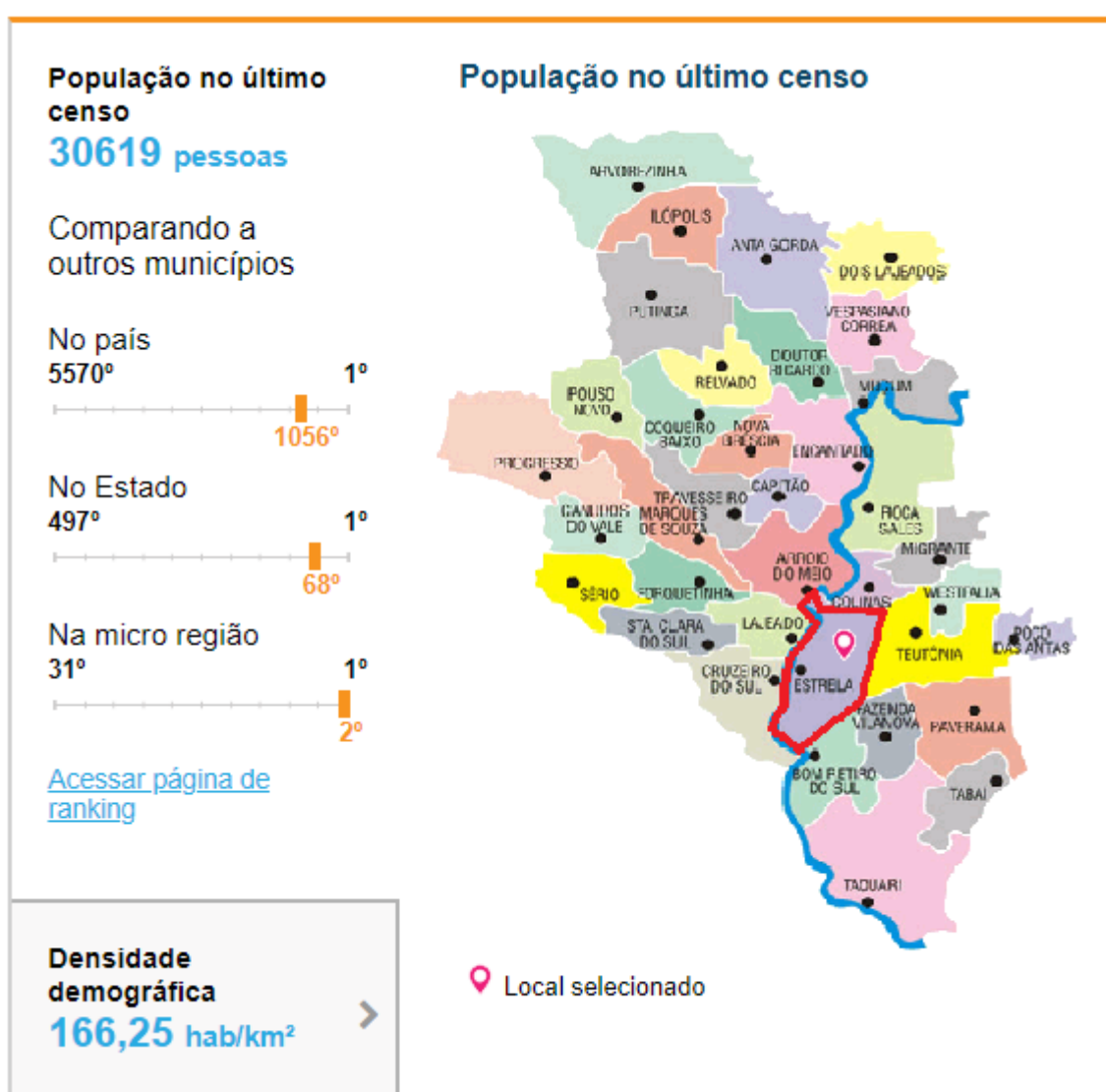
É nítido que a construção civil é responsável pelas mais drásticas mudanças na paisagem do meio e para isso acontecer é o maior responsável pelo consumo dos produtos naturais, conforme Ribeiro (2008, p. 70) “[...] estima-se que a construção civil consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade”. Segundo Schenini *et al* (2004, p. 2):

Na indústria da construção civil, até então, não havia nenhuma preocupação quanto ao esgotamento dos recursos não renováveis utilizados ao longo de toda sua cadeia de produção e, muito menos, com os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e destino dados aos rejeitos produzidos nesta atividade. No Brasil, em particular, a falta de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em estragos ambientais irreparáveis, agravados pelo maciço processo de migração havido na segunda metade do século passado, quando a relação existente de pessoas no campo e nas cidades, de 75 (setenta e cinco) para 25% (vinte e cinco por cento), foi invertida, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações.

2.7 Resíduo construção civil no município de Estrela

Estrela é um município pertencente ao estado do Rio Grande do Sul, situado no vale do taquari, possui cerca de 30.619 habitantes segundo o último censo do IBGE (2010). Em um perímetro de 184 Km², perante o vale do Taquari é um município que tem como seu ramo principal a economia no setor primário, porém na última década teve forte crescimento no setor de serviços, que engloba as atividades da engenharia civil (IBGE, 2010), conforme podemos ver na Figura 8.

Figura 8 - Índices IBGE para Município de Estrela



Fonte: IBGE (2010).

O município de Estrela possui diversas atividades voltadas ao âmbito ambiental, promovida pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Saneamento

Básico (SMMASB), entre eles estão as Unidades de Conservação Ambiental e o plano de saneamento básico municipal.

Estrela não possui um plano vigente legislado sobre o Resíduo da Construção Civil (RCC), porém vários estudos como o diagnóstico da deposição de materiais inorgânicos, análise da contaminação do solo por deposição de material de forma irregular, identificação de aterros clandestinos e diagnósticos de doenças agravadas por contato direto com resíduos pela população foram realizados pelo corpo técnico da secretaria do meio ambiente municipal, afim de angariar dados para desenvolvimento da política de deposição dos resíduos da construção e demolição.

Atualmente o recolhimento dos resíduos da construção do município é realizado por empresa particulares denominadas “Tele entulhos” que utilizam coletores tipo caçamba conforme Figura 9. Estas empresas geralmente são derivadas de outros grupos ou comércios da área da construção civil (MUNICÍPIO DE ESTRELA, 2018).

Figura 9 - Caçamba de Recolhimento de RCC na cidade de Estrela



Fonte: Do autor (2018).

Segundo dados fornecidos pelo Município de Estrela a média de resíduos gerados dentro do âmbito municipal gira em torno de 280 caçambas/mês, sendo que as caçambas variam de 4 m³ a 6 m³. Essas empresas atuam de maneira não padronizada, pois não há legislação municipal que regulariza.

As empresas realizam a disposição dos resíduos em várias áreas particulares, denominadas “bota fora” e todas com o intuito de realizar aterro, muitas vezes sem qualquer licenciamento ambiental ou conhecimento dos órgãos públicos.

2.8 O uso do RCD no concreto

Agregados são insumos que determinam as propriedades finais dos concretos produzidos, podemos relacionar isso ao fato de que o agregado ocupar um volume de até 75% no concreto. O agregado torna-se economicamente interessante pelo fato do mesmo ser mais barato do que o cimento, mas deve-se ter um equilíbrio em seu uso, pois implica nas propriedades finais do concreto produzido (NEVILLE, 2013).

A textura do agregado influencia diretamente na ligação entre ele e a pasta cimentícia, isso faz com que nas primeiras idades o concreto possua uma melhor resistência, principalmente no quesito de tração. Isso torna reversamente negativo se comparado ao longo do tempo, pois segundo Mehta e Monteiro (1994) para uma determinada trabalhabilidade a resistência geral pode sofrer decréscimo, isso se dá devido a necessidade de maior quantidade de água de amassamento devido ao uso de textura mais rugosas.

Seguindo o ponto de vista de Leite (2001) vê-se que o agregado reciclado é viável na incorporação em concretos, desde que suas características sejam conhecidas, bem como sua interação com os outros elementos do concreto. Uma desvantagem do uso do agregado reciclado é que o mesmo demanda uma quantidade maior de pasta de cimento. A utilização de maior pasta de cimento leva a utilização de maior quantidade de água e isso ocasiona um aumento na probabilidade de fissuras devido a retração por secagem, podendo comprometer a durabilidade do concreto.

Quando o agregado natural foi substituído no teor de 30% por material reciclado não foi observado alterações significativas no concreto final (HANSEN, 1992). A relação entre água e cimento elevados tem conexão direta ao emprego do agregado reciclado possui efeitos significativos que são notados após 300 kg de cimento/m³ de concreto.

Entre pesquisas utilizando agregados reciclados obteve-se resistência de, no máximo, 30% quando comparados com concretos utilizados em agregados convencionais (PRADO, 2006). O mesmo autor explica que em outros casos resistência superiores foram relatadas utilizando agregados reciclados comparado ao convencional.

A NBR 9935(ABNT, 2011) - Agregados – Terminologia subdivide em duas classes os agregados reciclados, sendo os de origem predominantemente de concreto (ARC) e os de origem mista (ARM), o que delimita sua classificação é que os agregados ARC tem no mínimo 90% de sua massa composto por resíduos oriundos de concreto, enquanto que os agregados de ARM possuem menos de 90% de sua massa a base de resíduos de cimento Portland e rochas.

Zordan (1997, pg.32) estudou o RCD no emprego de concretos e em seus experimentos pode concluir que:

Pela existência de material cerâmico com superfícies lisa na porção graúda, o concreto apresentou comportamento negativo quanto a resistência mecânica. Isto ocorreu em razão do aparecimento de zonas de ruptura na interface entre a cerâmica e a argamassa, devido a diminuição da aderência nessas regiões;

Devido à elevada porosidade e quantia de material fino, tiveram maior absorção de água que os agregados tradicionais;

Para a mesma relação água cimento, proporcionou melhor trabalhabilidade que os agregados tradicionais. Isso se deu devido ao agregado reciclado possuir formato mais arredondado;

A cor do concreto acabou sendo modificada, do tradicional cinza para tons terrosos.

Ao utilizar concretos com o emprego de agregados graúdos reciclados de alta porosidade foi identificado problemas na durabilidade, devido à grande absorção de água. Mehta e Monteiro (1994) definem que o problema se limita na região de transição entre o agregado e a pasta cimentícia devido a expulsão da água.

O comportamento de concretos empregado o uso de RCD tem sua resistência a abrasão diminuída se comparada ao agregado convencional, havendo maior desgaste superficial, afim de sanar esse problema se opta em diminuir a relação água cimento para se elevar a resistência do concreto e minimizar os danos por processos abrasivos (Leite, 2001).

Para Zordan (1997) ele contraria Leite (2001) relatando ensaios de amostras com concreto de agregado reciclado atingiu índices de qualidades em média 26,5% melhor de abrasão em relação aos concretos com agregados convencionais, porém o mesmo relata que a influência da origem do resíduo define a qualidade do agregado e posteriormente do produto final que ele vai criar.

Entre as vantagens no uso de elementos reciclados como agregados de concreto se dá ao fato de possuírem alta aderência, devido a sua grande área específica, pois, o material com maior rugosidade em suas faces e melhor ângulo. A alta porosidade do agregado reciclado traz melhor absorção da pasta cimentícia, isso faz com que o fechamento dos poros melhore a união do concreto (Leite 2001).

Cabral (2007, pag. 93) nos relata que:

Quando a matriz do concreto produzido com agregados reciclados for menos resistente que o próprio agregado reciclado, este último não exercerá grande influência na resistência mecânica do concreto, uma vez que a matriz será o ela mais fraco do mesmo, portanto muito possivelmente o concreto irá romper na matriz.

Entretanto quando a matriz do concreto for mais resistente que o agregado reciclado, este último passará a ter substancial influencia na resistência do concreto, uma vez que possivelmente o concreto romperá no agregado.

Para a construção civil os usos típicos do RCD envolvem-se em utiliza-lo em substituição ao agregado graúdo (AG) e ao agregado miúdo (AM), na obtenção de novas argamassas e concretos. Diversos autores como Leite (2001) e Lovato (2007) comprovaram o uso do resíduo reciclado através de trabalhos científicos confirmando sua relação mecânica de tração e compressão. Vieira (2003) analisou e comprovou a durabilidade, onde seus produtos apresentaram resultados satisfatórios. Cabe ressaltar que os autores relatam que a porosidade do agregado reciclado influi na resistência mecânica, isso porque há diferença na resistência do concreto produzido com RCD em comparação ao convencional, está diferença entre o resíduo reciclado para o convencional pode variar em 20% a mais na absorção de

água (JOHN, 2003). As Figuras 10 e 11 demonstram a diferença entre o AGR e o AMR.

Figura 10 - Agregado Graúdo Reciclado (AGR)



Fonte: Zordan (1997).

Figura 11 - Agregado Miúdo Reciclado (AMR)



Fonte: Zordan (1997).

2.9 Calçadas - Passeio Público

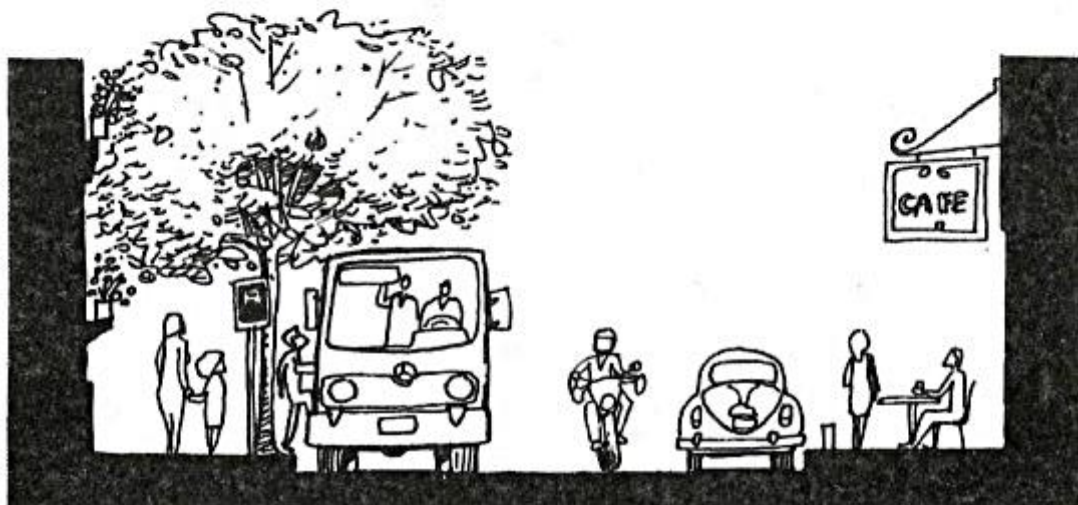
A definição essencial da importância das calçadas para a sociedade, a ferramenta que garante o direito de ir e vir e ela começa na saída da casa, seja ela executada pelo caminhar ou com o amparo de facilitadores de caminhada como as cadeiras de rodas para aqueles que possuem dificuldades na locomoção (CATTANI, 2007).

Apesar de serem uma obra de baixa complexidade ela se torna de crucial fator no planejamento urbano, a Figura 12 demonstra algumas das atividades usadas nessa estrutura.

Figura 12 - Utilização das Calçadas



Prioridade da função habitação



Fonte: Mascaró (2003).

Em síntese os passeios públicos são espaços pavimentados de uso para os pedestres se locomoverem, cuja superfície deve ser revestida com materiais e técnicas que garantem a resistência as ações do tempo e as ações físicas que os usuários promovem nela (CATTANI, 2007).

2.9.1 Legislação sobre Calçadas

O cenário brasileiro sobre a legislação acerca dos passeios públicos não possui uma legislação geral específica, porém várias matérias tratam sobre o assunto como legislação municipais, normas de diversos órgãos, manuais e afins.

O Código de Trânsito Brasileiro define alguns conceitos acerca da definição de calçadas e passeio, também é possível encontrar algumas definições do tema e regras nas resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), porém voltadas mais a veículos do que para pedestres.

A Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000 que é descrita como a Lei da Acessibilidade trata do tema das calçadas, é a lei que mais traz parâmetros acerca da confecção dos calçamentos, porém ela não traz definições técnicas e materiais sobre a produção das mesmas.

A ABNT define alguns Normas Técnicas que abordam o tema, sendo a NBR 12.255 de 1990 – Execução e utilização de passeios públicos, a NBR 9.050 de 2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, a NBR 16.537 de 2016 Versão corrigida – Acessibilidade: sinalização tátil no piso e NBR 15.575 de 2013 – Edificações habitacionais: Desempenho.

A associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desenvolveu no ano de 2016 um Guia prático para execução de calçadas, onde além das definições acerca do tema e principalmente definições técnicas de engenharia são apresentadas.

O Guia Prático para execução de calçadas (ABCP, 2016) define a resistência mínima necessária para concretos de calçadas em F_{ck} superior a 20 MPa

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos os materiais e os métodos utilizados para alcançar o objetivo principal do trabalho que é a avaliação de viabilidade técnica da aplicação de concreto com agregado de RCD em passeio público na cidade de Estrela – RS, sendo o resíduo proveniente exclusivamente de tele entulhos do próprio município.

Os materiais utilizados nesse experimento foram listados e apresentados suas características básicas conforme as orientações fornecidas de acordo com as normas técnicas brasileiras (NBR) em comparação com os resultados obtidos nos testes executados em laboratório.

Os métodos foram subdivididos em cinco etapas: a Coleta e Triagem do material usado no experimento, a caracterização física e mecânica dos materiais, a definição do traço, a concretagem utilizando agregado reciclado, e a análise do comportamento mecânico do concreto confeccionado.

A primeira etapa foi destinada ao estudo de origem e obtenção do resíduo da construção e demolição, verificando empresas de recolhimento de resíduos da construção e realizando a triagem dos mesmos.

Para a segunda etapa foi realizado a caracterização dos agregados convencionais e reciclados, analisando suas propriedades físicas e mecânicas através de ensaios realizados em laboratório como massa unitária, massa específica, caracterização, abrasão Los Angeles e absorção de água, a fim de se obter parâmetros comparativos dos agregados.

A terceira etapa está destinada ao estudo e análise do traço de referência obtido através da padronização IPT/EPUSP o qual será parâmetro para as comparações dos resultados obtidos nas propriedades do concreto produzido.

A concretagem dos corpos de prova utilizando de material convencional e material oriundo de resíduos da construção e demolição será a quarta etapa desenvolvida por este experimento.

Na quinta e última etapa de estudo foi realizado os ensaios no concreto estado fresco: abatimento de tronco de cone (*Slump test*) e massa específica. Os ensaios no concreto endurecidos foram, resistência a compressão axial, absorção de água por capilaridade, teste de abrasão Los Angeles, absorção de água por imersão e índice de vazios.

3.1 Materiais utilizados

Neste capítulo serão apresentados os materiais constituintes da pesquisa e os métodos utilizadas para obtenção dos resultados.

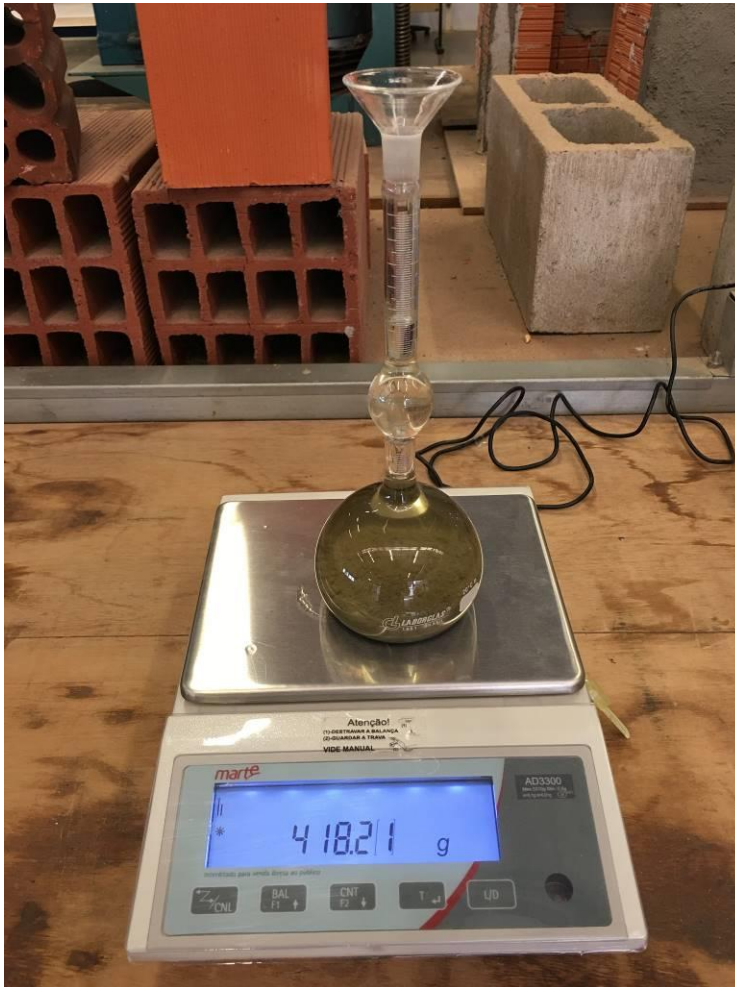
3.1.1 Cimento

Para este estudo foi optado por o uso do cimento Portland CP V – ARI, pois sua alta resistência inicial traz os resultados de ganho de resistência logo nas primeiras idades, pois possui menos adições em sua composição.

A NBR 16697 (ABNT, 2018) determina os parâmetros para Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, onde determina parâmetros de aceitação para o material assim como características físicas e mecânicas.

O ensaio de massa específica do cimento, regido pela NBR 16605 (ABNT, 2017), consiste em preencher um frasco Chapman com uso de querosene até a uma marcação pré-determinada, é registrado a massa do composto (frasco + querosene) após em pequenas porções de cimento é introduzido no frasco até atingir a próxima marcação e seu peso é novamente registrado, o procedimento está demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - determinação da Massa Específica do cimento



Fonte: Do Autor (2018).

Foram analisados os dados obtidos através do ensaio, cujo valor de massa específica do cimento foi de $2,84 \text{ g/cm}^3$, conforme podemos verificar nos dados da Tabela 1.

Tabela 1 - Massa Específica do Cimento

Amostra 1		
Nível Inicial:	0,6	
Nível Final:	19	
Peso Conjunto Inicial	365,81	g
Peso Conjunto Final	418,14	g
Diferença Nível:	18,4	cm ²
Diferença Massa:	52,33	g
Massa/Volume	2,844022	g/cm ²
Amostra 2		
Nível Inicial:	1	
Nível Final:	20,4	
Peso Conjunto Inicial	365,72	g
Peso Conjunto Final	420,92	g
Diferença Nível:	19,4	cm ²
Diferença Massa:	55,2	g
Massa/Volume	2,845361	g/cm ²
Diferença das Amostras		
0,001339086	Aceitável	

Fonte: Do autor (2018).

3.1.2 Agregado Graúdo

Os agregados graúdos utilizados para este estudo foram categorizados nos tipos: agregado graúdo convencional (AGC), agregado graúdo reciclado cimentícia (AGRC), agregado graúdo reciclado cerâmico (AGRC).

3.1.2.1 Coleta e Triagem do Resíduo

Com o intuito de utilizar apenas materiais disponíveis na cidade de Estrela/RS, foi identificado as principais empresas que atuam no recolhimento dos resíduos gerados pela construção e demolição (RCD). Os resíduos utilizados ao longo do trabalho foram disponibilizados por uma empresa de recolhimento de rejeitos da construção civil, a qual solicitou anonimato.

Foi disponibilizado para obtenção de material uma carga de recolhimento, conforme demonstrado na Figura 14. A carga foi posta em um ambiente destinado para posterior aterro.

Figura 14 - Recolhimento de RCD na obra



Fonte: Do autor (2018).

A Triagem da carga foi realizada utilizando uma balança com capacidade de 150 Kg, da marca Welmy, mecânica (Figura 15), e tonel de 300 litros para alocação dos resíduos, conforme. O material foi separado em duas categorias: utilizável na pesquisa e descartável. O processo de triagem foi auxiliado pelos profissionais da prefeitura de Estrela, os quais estavam analisando a área e os resíduos.

Figura 15 - Balança utilizada



Fonte: Do autor (2018).

Os dados do processo de triagem estão descritos na Tabela 2, onde se obteve um percentual de 65,36% de material com potencial para reaproveitamento, sendo desses 30% de origem cerâmico e 70% de origem cimentícia/concretos aproximadamente, esses valores serão utilizados para compor a mistura de RCD Mista que foi utilizado no decorrer do trabalho.

Tabela 2 - Percentuais de materiais coletados

Resíduo	Peso (kg)	%
Telhas Cerâmicas	173	7,39%
Resto de concreto	865	36,95%
Pisos Cerâmicos	167,6	7,16%
Tijolos	324,3	13,85%
Não Utilizáveis	811	34,64%
Total	2340,9	100,00%

Fonte: Do autor (2018).

Os materiais classificados por tipologia (cerâmico ou cimentícia) foram conduzidos ao britador municipal, Figura 16, localizado na comunidade de Delfina interior da cidade de Estrela/RS, onde foram britados ao tamanho de brita nº 01 para utilização nos testes propostos deste experimento

Figura 16 - Britador Municipal



Fonte: Do Autor (2018).

O material britado então foi separado no diâmetro máximo de 19mm, conforme Figura 17.

Figura 17 - Resíduo após britagem



Fonte: Do autor (2018).

O processo de Britagem do material gerou impurezas como barro e resíduos que já se encontravam dentro do equipamento que foram posteriormente removidos manualmente das amostras, deixando assim a porção com 100% do resíduo proposto para análise.

Após a coleta, triagem, britagem e remoção de impurezas mais grosseiras, o agregado reciclado foi transportado ao Laboratório de Tecnologia da Construção da UNIVATES para estocagem e posterior utilização nas atividades propostas.

3.1.2.2 Análise Granulométrica

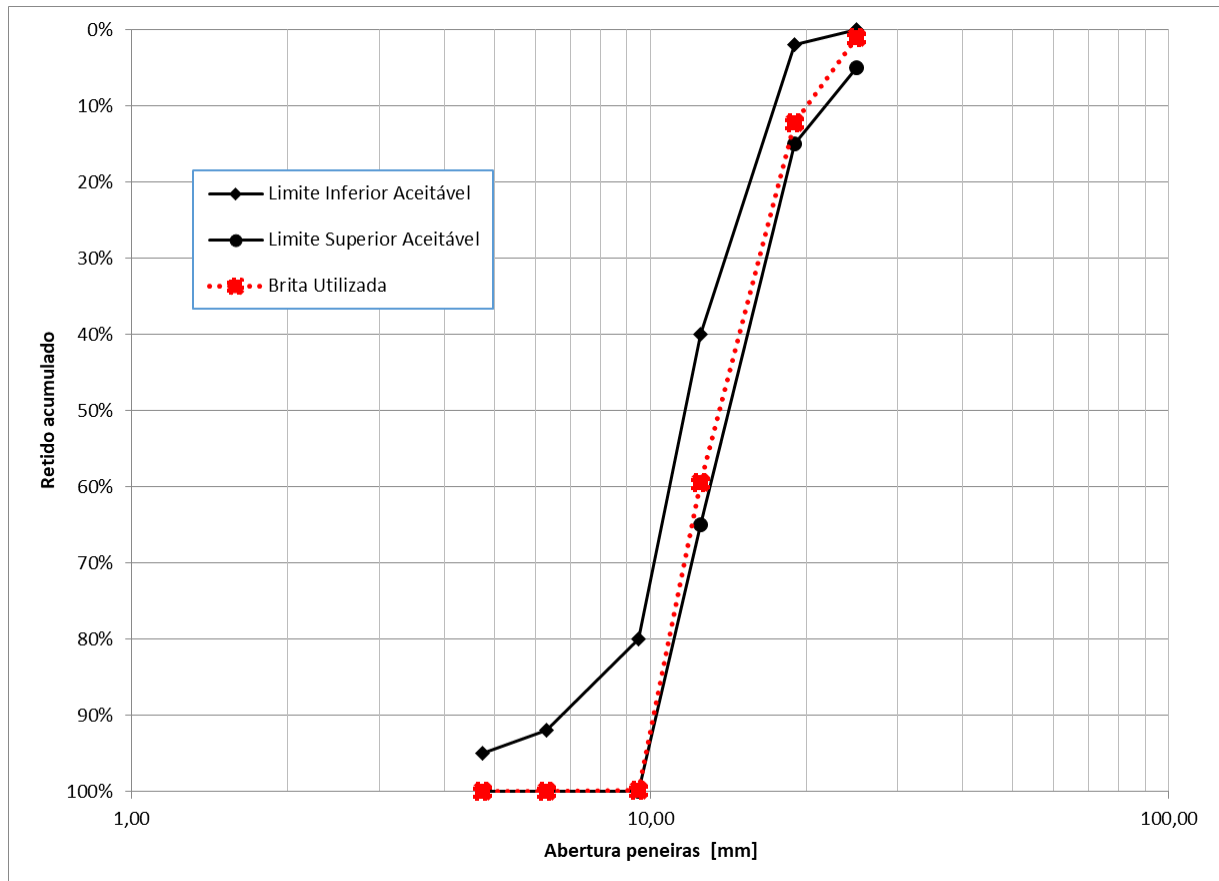
A brita comum foi proveniente de aquisição em loja de matérias devido a brita fornecida pelo LATEC possuir característica lamelar podendo influenciar negativamente nos resultados das análises.

A norma orienta o peneiramento através das malhas 25mm a 9,5mm, para caracterizar como brita nº1, registrando o material retido na referida faixa.

Para este estudo foi optado por o uso de brita nº 01, utilizada como base nos concretos para confecção de passeios públicos.

O material adquirido foi submetido aos testes de peneiramento para se obter a curva granulométrica conforme demonstra Figura 18.

Figura 18 – Granulometria agregado graúdo adquirida



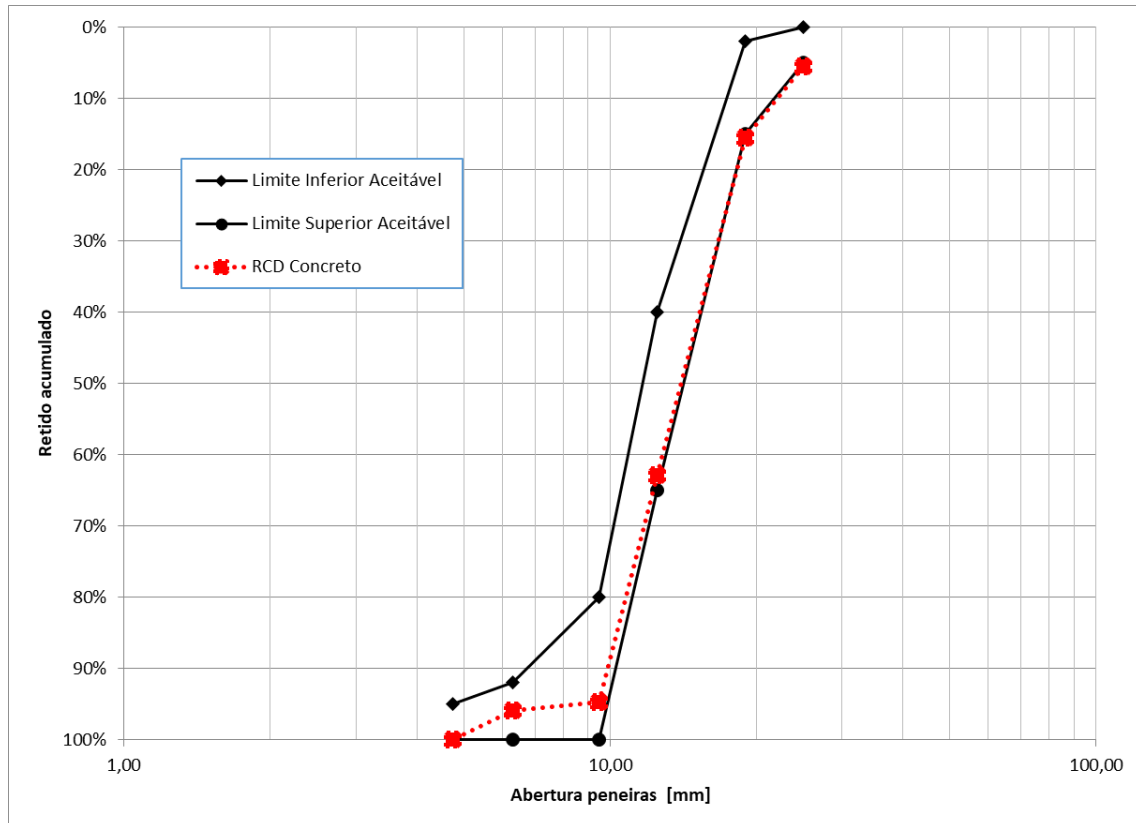
Fonte: Do autor (2018).

Os resíduos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram coletados no município de Estrela/RS, em uma empresa de tele entulho que solicitou que não fosse identificada. Foi realizado a separação manual do conteúdo para realizar a estimativa de quantitativo de materiais. Os resíduos foram separados em tipo cerâmico, resíduos de concreto e material que não será utilizado para fins deste estudo.

O agregado graúdo proveniente de resíduos cimentícios/concretos foram peneirados de modo a obter uma granulometria semelhante ao AGC para se obter

resultados propícios de comparação sem a influência negativa da diferença entre as granulometrias. A Figura 19 apresenta a curva granulométrica do AGRC.

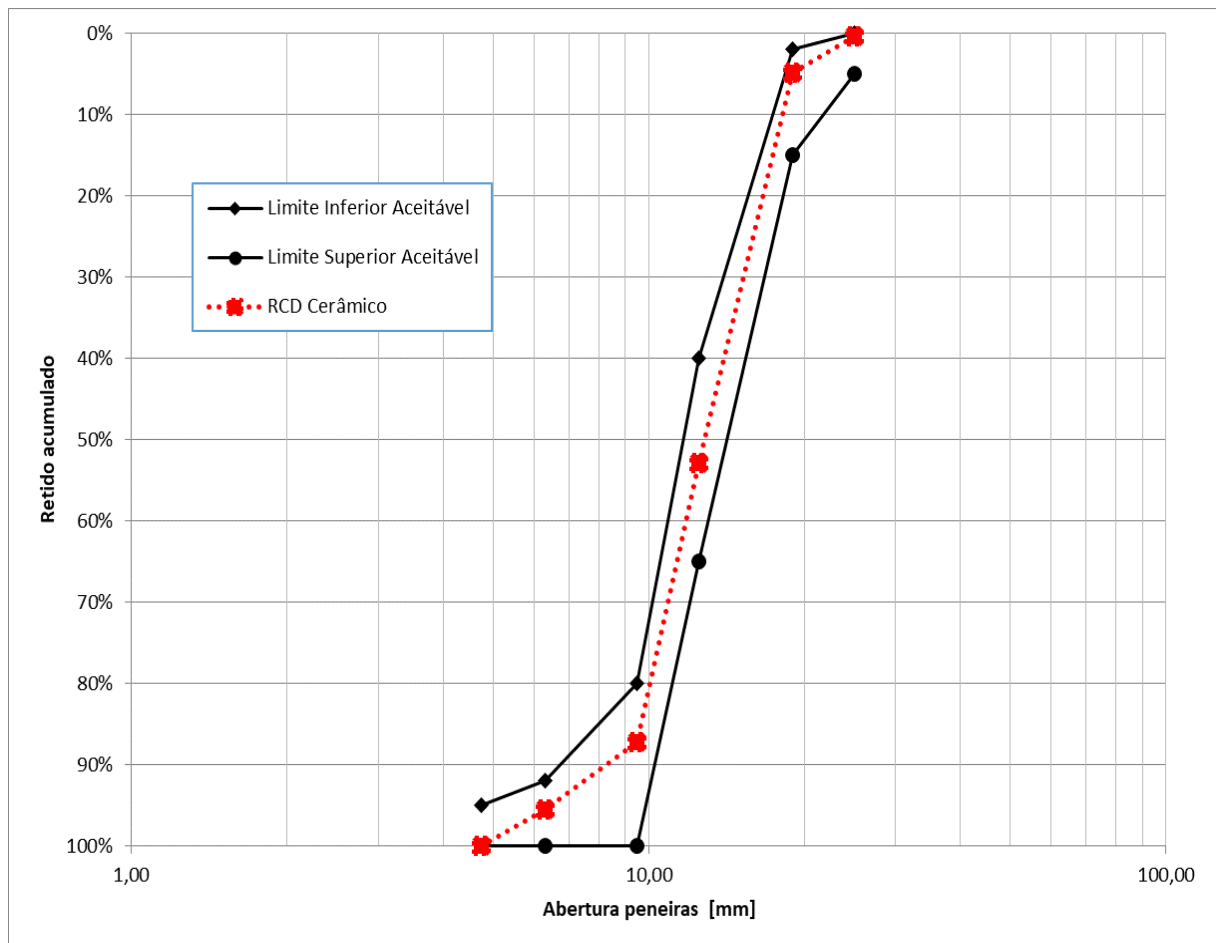
Figura 19 - Gráfico da granulometria do agregado RCD concreto



Fonte: Do Autor (2018).

A composição granulométrica do agregado gráudo reciclado cerâmico seguiu a mesma padronização de análise granulométrica descrita na NBR 7211 (ABNT, 2009) considerada nas outras amostras de agregados como podemos verificar na Figura 20.

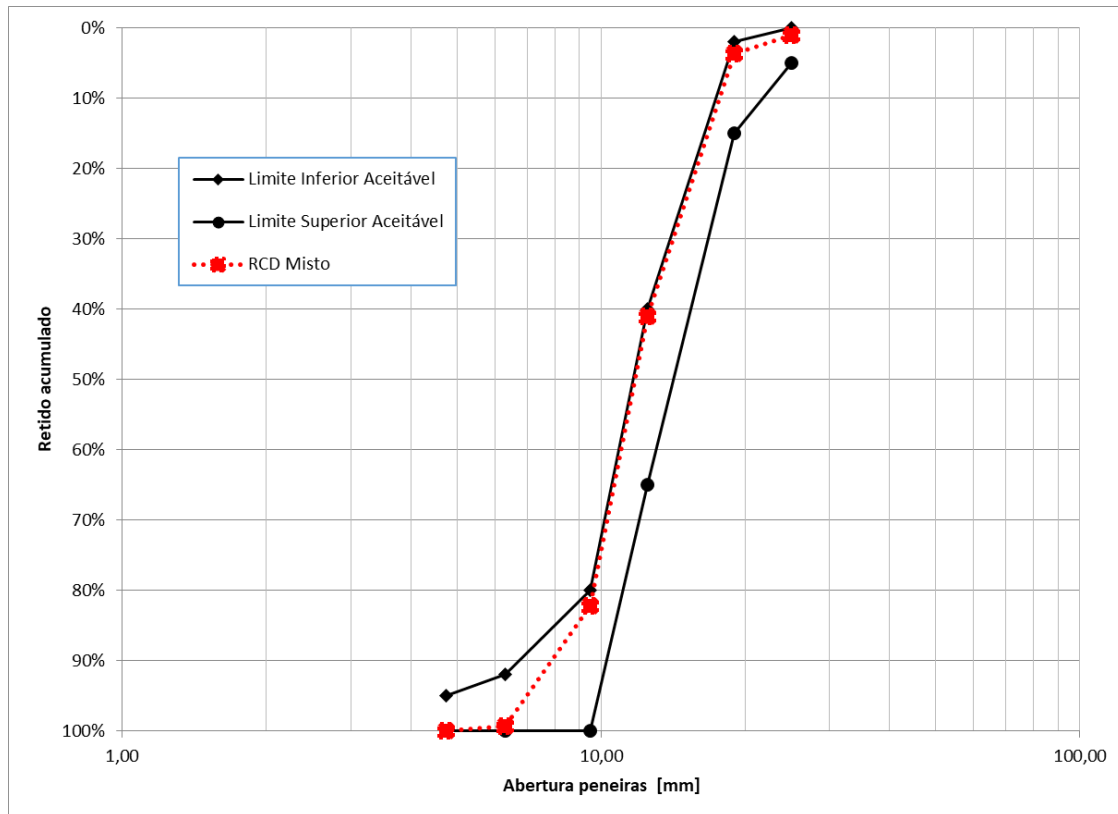
Figura 20 - Gráfico granulometria do agregado RCD cerâmico



Fonte: Do autor (2018).

A composição mista de resíduos da construção e demolição foi executada para assim se obter uma curva desse aglomerado distinto, sendo o mesmo apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Gráfico granulometria do agregado RCD Misto



Fonte: Do autor (2018).

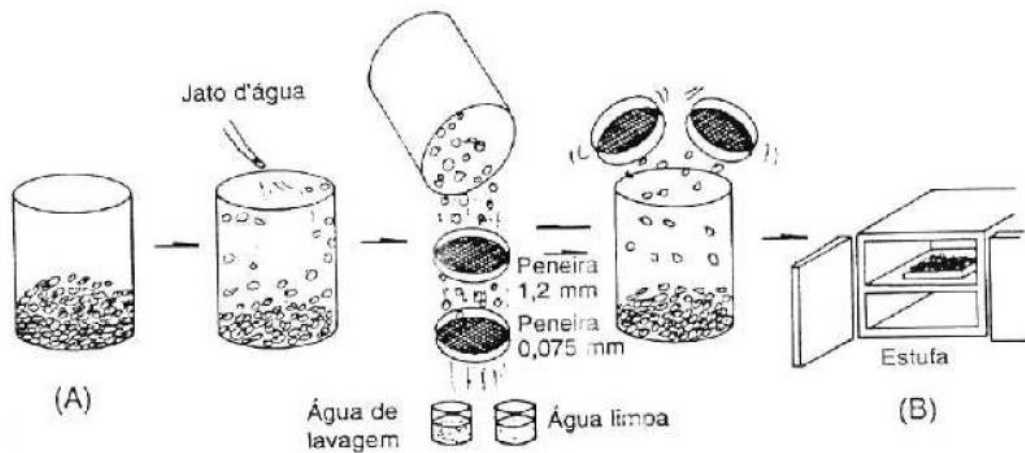
Analisando as curvas granulométricas apresentadas vemos que todos os materiais ficaram dentro da faixa granulométrica demonstrada na NBR 7211 (ABNT, 2009).

3.1.2.3 Teor de Material Pulverulento

A norma NBR NM 46 (ABNT, 2003), o qual nos traz o teor de material removido após lavagem da amostra.

As etapas estão em secar a amostra a 105 °C por 24 horas, adicionar água até cobrimento total da amostra, agitar o recipiente até que o material pulverulento permaneça suspenso, escoar a água de lavagem, adicionar uma segunda quantidade de água e passar a mesma sobre as peneiras, repetir o procedimento até a água ficar clara. A execução do teste está descrita na Figura 22.

Figura 22 - Ensaio para quantidade de material pulverulento



Fonte: Clube do Concreto, 2013.

A porcentagem do material pulverulento é dada obtida através da equação 1:

Equação 1 - Equação de porcentagem de material pulverulento

$$m = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (1)$$

Sendo “m” é a porcentagem de material pulverulento a variável “A” é a massa seca do material e “B” é massa seca em estufa após processo.

Obtiveram os resultados do teste seguindo a NBR NM 46 (ABNT, 2003), conforme Tabela 3 com comparação a NBR 15116 (ABNT, 2004) que define parâmetros para agregados reciclados de RCD que deve ser inferior a 10%.

Tabela 3 - Composição material pulverulento dos agregados

Material Pulverulento			
Material	Brita comum	RCD cerâmico	RCD concreto
Teor Passante (%)	4,78	11,32	6,98

Fonte: Do autor (2018).

Os dados informam que o material cerâmico apresenta elevada porcentagem de material pulverulento levando como consequência de ser um material que apresenta maior absorção de água.

3.1.2.4 Massa Específica dos Agregados

A massa específica é um parâmetro de análise comparativa entre os agregados estudados, ela é regida pela NBR NM 53 (ABNT, 2003).

Os testes foram executados no LATEC, realizando a imersão total dos agregados e sua pesagem, os resultados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 - Massa específica dos Agregados

Massa Específica (g/cm ³)		
Brita comum	RCD cerâmico	RCD concreto
2,531	2,332	2,468

Fonte: Do autor (2018).

3.1.2.5 Teste de Abrasão Los Angeles

Os concretos produzidos com a finalidade de servir aos passeios públicos estão sujeitos a desgaste por abrasão, um dos componentes que influencia esse teor abrasivo no concreto é o agregado graúdo o qual ele compõe.

O teste é regido pela NBR NM 51 (ABNT, 2001) - Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "*Los Angeles*" onde é utilizado a máquina de *los angeles* conforme a Figura 23.

Figura 23 - Moinho de *Los Angeles*



Fonte: Do autor (2018).

Onde a carga abrasiva consiste em esferas de fundição de aproximadamente 48 mm de diâmetro. As esferas são depositadas dentro da máquina juntamente com o material a ser analisado, conforme Figura 24.

Figura 24 - Esferas abrasivas e Material para teste



Fonte: Do autor, 2018.

Para ensaio as amostras são previamente secas em estufa a 107 °C e então são submetidas a 500 rotações e peneirada com malha de 1,7 mm.

Os resultados são aplicados através da equação 2:

Equação 2 - Equação da abrasão Los Angeles

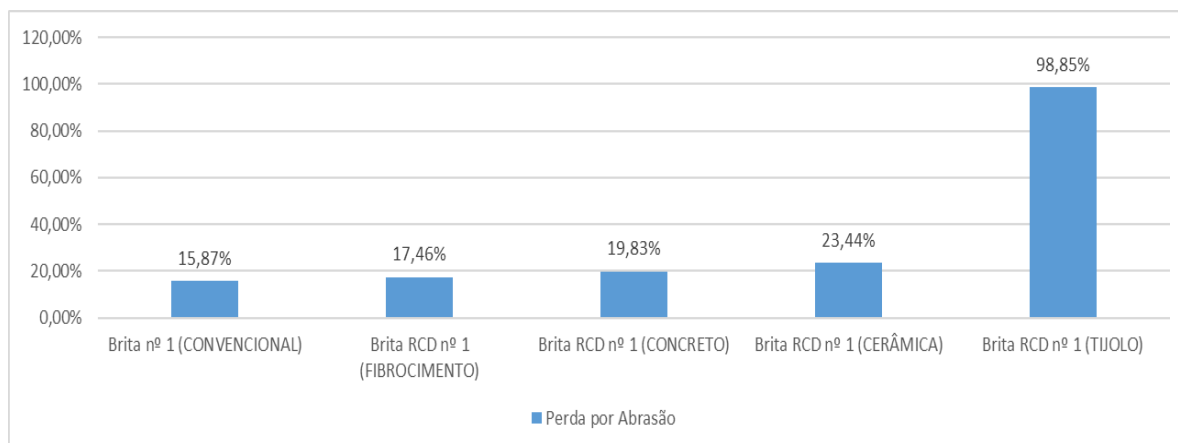
$$P = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad (2)$$

Onde “P” é a perda por abrasão, “m” é a massa da amostra seca em estufa e “m₁” é a massa retida na peneira de abertura 1,7 mm.

O ensaio regido pela NBR NM 51 (ABNT, 2000) Agregado Graúdo – Ensaio de abrasão o que permite medir o desgaste que um agregado sofre quando submetido a uma determinada quantidade de rotações em uma máquina específica.

Foram submetidas as amostras ao ensaio abrasivo e obtido o resultado conforme demonstrado na Figura 25.

Figura 25 - Gráficos porcentagem abrasiva segundo teste de *los angeles*



Fonte: Do autor (2018).

Analisando os resultados obtidos percebe-se que os materiais puramente cerâmicos, como os tijolos, são altamente abrasivos, chegando a 98,85%, quase totalidade de abrasão que o material pode sofrer, em contrapartida os materiais cerâmicos esmaltados apresentam 23,44% de desgaste abrasivo, isso se dá devido a maior resistência das faces esmaltadas, aumentando a resistência do material ao dano.

Os agregados oriundos de material concreto apresentam boa resistência ao desgaste abrasivo, levando uma média de 19,83%, não ficando muito longe do material convencional, sendo o mais recomendado a resistência a abrasão, ou a mistura desses materiais. Os desgastes dos agregados provenientes de RCD variam de 4% a 9%, com exceção do RCD puro de tijolos cerâmicos o qual o material abrasivo é próximo ao 100%.

3.1.2.6 Massa Unitária dos Agregados Graúdo

Massa unitária dos agregados está na relação de massa x volume no estado solto, essa analogia considera a quantidade de vazios entre a interligação dos grãos entre agregados.

Foi realizado o teste seguindo a NBR NM 45 (ABNT, 2006) Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos através do ensaio.

Tabela 5 - Massa Unitária dos Agregados

Material	g/cm³
Brita comum adquirida	1,568
Agregado graúdo ou RCD Cerâmico	1,121
Agregado graúdo ou RCD Concreto	1,160

Fonte: Do autor (2018).

Os valores habituais de massa unitária para agregados graúdos de brita ficam entorno de 1,6 g/cm³, agregados abaixo desse valor ou de aspectos lamelares consomem muita pasta cimentícia e possuem valores de resistência mais baixos que o convencional. Para tanto o uso afins de análises comparativas foi empregado com a brita comum adquirida em loja de materiais para construção.

Neville (1997) enfatiza que devido a porosidade dos materiais reciclados e a distribuição do tamanho e formato dos grãos trazem uma massa unitária mais baixa nesse tipo de agregado. O tamanho e formato de grãos varia de acordo com o material utilizado e com o maquinário usado para realizar o britamento do material, isso afeta diretamente nos valores de massa unitária do material trabalhado.

3.1.3 Massa Específica dos Agregados Graúdo

Após os testes realizados seguindo a NBR NM 53 (ABNT,2009), obteve-se os resultados definitivos conforme apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Massa Específica dos Agregados Graúdo

Brita comum	RCD cerâmico	RCD concreto
2,663	2,251	2,359

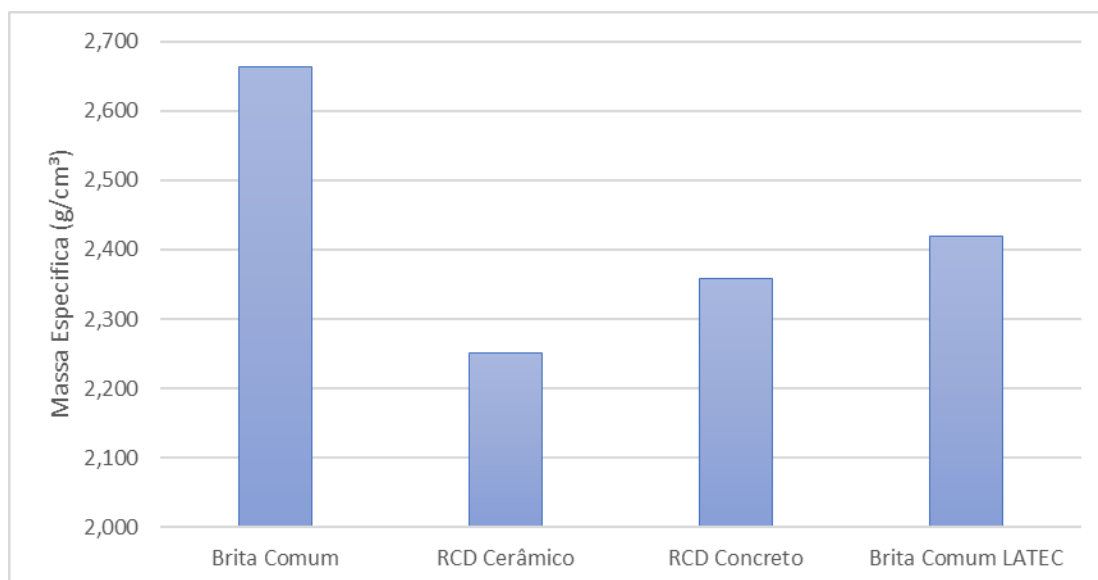
Fonte: Do autor (2018).

Verificou-se que os agregados reciclados chegam a ter 10% a 15% menor que o de brita convencional, essa relação é explanada por Bazuco (1999) que apresenta em seu estudo a comparação dos valores obtidos para massa específica.

Esse fator é relevante quando se realiza o estudo de substituição de material, pois a comparação entre traços de materiais diferentes deve ser levada em

consideração sua massa específica afim de realizar a devida correção da massa utilizada como agregado graúdo. A Figura 26 apresenta o gráfico de comparação das massas específicas dos agregados.

Figura 26 - Massa Específica dos agregados



Fonte: Do autor (2018).

3.1.4 Absorção de água dos agregados graúdos

Ao realizar a execução do ensaio de absorção nos agregados pode-se notar que conforme relatado por Leite (2001), os agregados graúdos convencionais possuem baixa taxa de absorção de água, enquanto os agregados reciclados apresentam uma elevada absorção de água devido a sua composição e porosidade, isso afeta diretamente a trabalhabilidade e durabilidade do composto produzido. A Tabela 7 apresenta os valores obtidos.

Tabela 7 - Teste de absorção dos agregados

Brita comum	RCD concreto	RCD cerâmicos
2,63%	4,81%	8,92%

Fonte: Do autor (2018).

Os valores apresentados confirmam o exposto por Leite (2001), onde os agregados reciclados possuem demasiada porosidade aumentando sua absorção de água em comparação aos agregados convencionais, sendo que os materiais

cerâmicos possuem a mais elevada porcentagem de absorção de água dentre os agregados reciclados.

3.1.5 Água de Amassamento

O abastecimento público fornecido pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN) no LATEC atende a NBR 15900 (ABNT,2009) o qual trata de água para amassamento de concreto, dispensando qualquer tipo de tratamento adicional.

A água é responsável por tornar a mistura trabalhável, lubrificando os elementos compostos e fazendo parte das reações químicas para produção do composto. Quanto mais aumenta-se a quantidade de água na mistura, conseqüentemente, há um aumento no número de vazios e por isso a resistência do concreto produzido decresce. Porém no caso de insuficiência de água, faz com que não ocorra a completa reação de todos componentes (AMORIM, 2010).

3.1.6 Agregado Miúdo

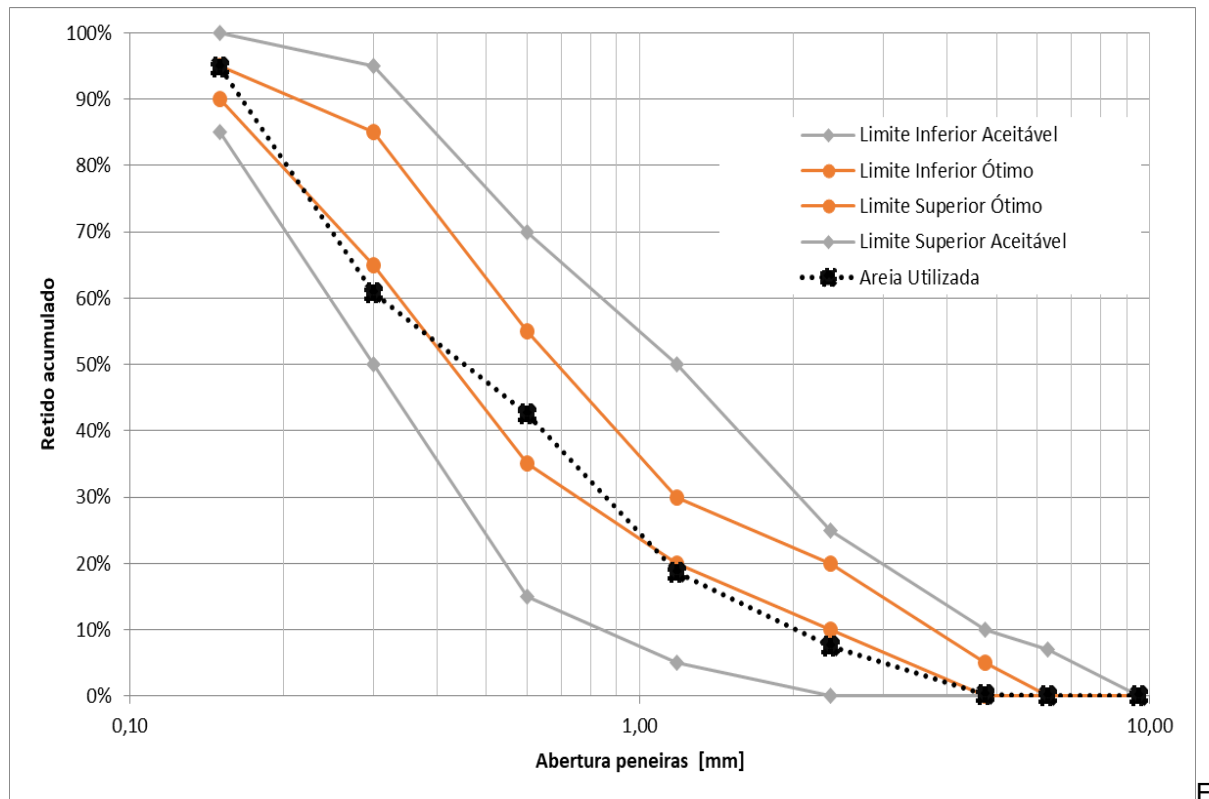
Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado areia média quartzosa como agregado miúdo na composição do concreto do estudo, fornecido pelo Laboratório de Tecnologias da Construção (LATEC) cuja a origem natural prove da região do vale do Taquari/RS.

Os agregados miúdos utilizados para o experimento provem do uso de areia quartzo extraída de jazidas localizadas no Vale do Taquari.

Para executar o referido teste as amostras foram secas em estufa e resfriadas à temperatura ambiente, cuja sua massa foi anotada. Executado o peneiramento do material e registrado os valores da massa do material retido em cada uma das malhas, levando em consideração as porcentagens médias, retidas e acumuladas com aproximação de 1% e o modulo de finura com aproximação de 0,01.

Para obtenção de resultados mais confiáveis procurou-se obter uma curva granulométrica homogenia para obtenção de melhores resultados, para obtenção desse resultado granulométrico foi realizado o peneiramento do material, a curva granulometria está demonstrada na Figura 27.

Figura 27 – Granulometria agregado miúdo



Fonte: Do autor (2018).

3.1.7 Aditivo Químico

Para manter a relação Água/Cimento constante em todos os traços estudados foi utilizado aditivo superplastificante fornecido pelo Laboratório de Tecnologias da Construção (LATEC) da marca TEC FLOW 8000.

3.2 Métodos

3.2.1 Determinação do Traço IPT/EPUSP

O método de dosagem IPT/EPUSP (Helene & Terzian, 1992) tem por objetivo obter um concreto com trabalhabilidade adequada com os materiais disponíveis, levando em consideração o teor de argamassa seca e da água. Após a definição do teor de argamassa, que para este trabalho estabeleceu-se em 52%, que é o valor ideal para se obter uma ótima lubrificação dos materiais, manteve-se esse valor constante. Na Figura 28 observam-se os materiais.

Figura 28 - Material preparado para concretagem



Fonte: Do autor (2018).

Na Figura 25A apresenta-se a separação do material cimentício, enquanto na Figura 25B tem-se o agregado graúdo convencional, seguido do agregado miúdo apresentado na Figura 25C e, por fim, a água para lubrificar os materiais que está demonstrada na Figura 25D.

O método consiste em moldar corpos de provas variando o traço em rico, intermediário e pobre, variando a proporção cimento e agregados na ruptura de compressão. A Tabela 8 exibe o resumo do traço utilizado para determinação do método IPT/EPUSP.

Tabela 8 - Composição do Traço IPT/EPUSP

Identificação	Traço unitário			Água (L)	Humidade (%)	Aditivo Plast. (%)
	cimento	areia	brita			
Pobre	1	2,81	3,60	5,08	9,85	0,20
Intermediário	1	2,05	2,88	4,88	9,44	0,20
Rico	1	1,30	2,16	5,15	10,09	0,20

Fonte: Do autor (2018).

Foi realizado a concretagem e foram moldados os corpos de prova para posterior ruptura no teste de compressão, sendo 3 corpos de prova para cada idade. Os corpos de prova possuem dimensão de 10 (diâmetro) x 20 (altura) cm, sendo todos os moldes limpos e untados com desmoldantes, preenchidos com o concreto produzido, moldados e adensados.

As rupturas dos corpos de prova foram realizadas nas idades de 3, 7 e 28 dias, seguindo as recomendações da NBR 5739 (ABNT,2007) os resultados dos valores de compressão encontram-se expressos na Tabela 9.

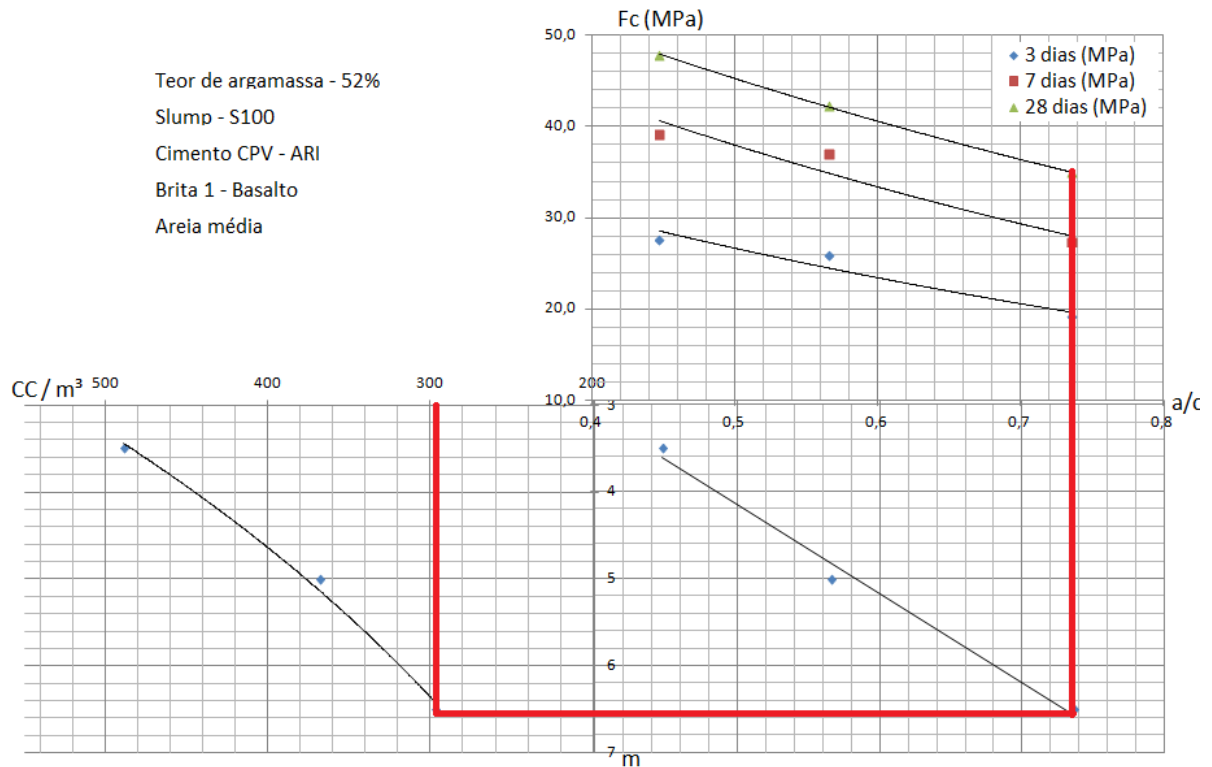
Tabela 9 - Resultados dos valores de compressão Axial

Identificação	3 dias	7 dias	28 dias
Pobre	19,19	27,32	34,96
Intermediário	25,84	37,07	42,23
Rico	27,64	39,22	47,92

Fonte: Do autor (2018).

De posse dos valores obtidos no teste de compressão pode-se traçar os gráficos de dosagem para o método IPT/EPUSP a fim de determinar o consumo de materiais para diferentes relações de resistência à compressão. Os gráficos gerados podem ser vistos na Figura 29.

Figura 29 - Gráficos da dosagem pelo método IPT/EPUSP



Fonte: Do autor (2018).

3.2.2 Determinação do Traço Base

Os concretos não estruturais usados em passeios públicos não necessitam de elevada resistência à compressão, e pelo guia prático Mãos à obra, da ABRECON 2016, é recomendado resistência à compressão mínima de 20 MPa para aplicação em calçadas. A substituição do agregado graúdo foi realizada volumetricamente, levando em consideração as massas específicas e unitárias dos agregados reciclados e para tanto podemos observar que a massa de agregado graúdo final de cada traço possui uma determinada variação.

Levando em consideração as informações, optou-se pelo uso do traço mais pobre, o qual é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Traço utilizado para referência no trabalho

Identificação	Traço unitário			Traço "betonada"				a/c	Plast. (%)
	cimento	areia	Agregado	cimento (kg)	areia seca (kg)	areia úmida (kg)	Agregado (kg)		
Brita Comum	1	2,81	3,60	6,94	19,48	20,91	25	0,73	0,46
RCD Cerâmico	1	2,81	3,04	6,94	19,48	20,91	21,13	0,73	1,23
RCD Concreto	1	2,81	3,19	6,94	19,48	20,91	22,14	0,73	0,57
RCD Misto	1	2,81	3,15	6,94	19,48	20,91	21,86	0,73	0,96

Fonte: Do Autor (2018).

A concretagem foi executada no Laboratório de Tecnologia da Construção (LATEC), seguindo os preceitos da ABNT NBR 5738 (ABNT,2015). Não foi utilizado qualquer tipo de pré-molhagem nos agregados antes da concretagem.

Foram moldados 15 corpos de prova para cada traço estudado, num total de 60 CPs, conforme a NBR 5738 (ABNT,2015) o processo foi executado em duas camadas adensado com 12 golpes.

Após 24 horas do processo de concretagem foi executado a desmoldagem e levado os corpos de prova para cura em câmara úmida que possui controle de teor de umidade e de temperatura fixados em 95% e 23°C, respectivamente.

3.2.3 Avaliação da consistência por abatimento de tronco de cone.

O ensaio de avaliação de consistência é regido pela NBR NM 67 (ABNT, 1998) sendo principal procedimento de definição sobre a trabalhabilidade em estado fresco do concreto produzido.

A Figura 30 apresenta as imagens da execução dos ensaios de abatimento de tronco de cone executados no momento da produção dos concretos.

Figura 30 - *Slump Test*



Fonte: Do autor (2018).

3.2.4 Massa Específica do Concreto

A NBR 9833 (ABNT, 2009) define o procedimento para a determinação da massa específica e do teor de ar, pelo método gravimétrico, do concreto fresco. O ensaio consiste no cálculo da massa de concreto subtraindo a massa do recipiente vazio sobre o volume do recipiente, expresso pela equação 3:

Equação 3 - Massa específica

$$P = \frac{m}{V} \times 100 \quad (3)$$

Onde “P” é a massa específica do concreto, “m” é a massa do concreto sem considerar a massa do recipiente e “V” é o volume do recipiente.

3.2.5 Ensaio de Compressão Axial

O ensaio de ruptura à compressão é regido pela instrumentação da NBR 5739 (ABNT, 2018) Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, com o uso da prensa hidráulica de acionamento automatizado.

Segundo a instrução normativa os CPs são previamente retificados a fim de nivelar as bases evitando assim o acúmulo de tensões. Após o corpo de prova é submetido a análise de sua altura e diâmetro com o uso de um paquímetro digital. A amostra depois de preparada é posta na prensa onde é aplicado uma carga em velocidade constante até o registro do rompimento, verificamos isso na Figura 31.

Figura 31 - Processo de rompimento a compressão



Fonte: Do autor (2018).

Os ensaios foram executados nas idades de 3, 7 e 28 dias utilizando 2 corpos de prova para cada traço estudado.

3.2.6 Absorção e índice de vazios

A ABNT NBR 9778 (ABNT, 2005) cujo objetivo é analisar as porcentagens que os concretos absorvem em seu interior, pois isso tem ligação direta com a durabilidade, pois quanto mais fácil a entrada de água e contaminantes menos durável é o concreto. Para a executar os testes foram separadas 3 amostras, de 100 mm de diâmetro por 200 mm de altura, por traço estudado na idade de cura de 28 dias.

O teste baseia-se em secar as amostras em estufa a uma temperatura constante de 105 °C durante 72 horas, após o período de secagem e registro da massa seca de cada CP submerge-os completamente por um período de 72 horas.

Após o período de submersão foi registrado a massa dos corpos saturados e em seguida submetidos ao processo de ebulição por 5 horas.

3.2.7 Absorção de água por capilaridade

Definido pela instrução normativa ABNT NBR 9779 (ABNT, 2012) realizado em amostras de 28 dias de idade seguindo as dimensões padrões de 10 por 20 cm.

O procedimento descrito em norma prevê a secagem das amostras a uma temperatura de 105 °C por um período de 24 horas, após os corpos de prova são postos em um recipiente que possuiu uma lâmina de água de aproximadamente 5 ± 1 mm constantemente, conforme a Figura 32 demonstra.

Figura 32 - Execução do Teste de absorção por Capilaridade



Fonte: Do autor (2018).

O teste consiste no registro das massas dos CPs nos períodos de 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas sempre mantendo a lâmina de água constante, conforme Figura 33.

Figura 33 - Pesagem das amostras



Fonte: Do autor (2018).

3.2.8 Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade longitudinal é regido pela ABNT NBR 8522 (ABNT, 2017) onde se utiliza 5 corpos de provas por 10cm x 20cm para cada traço, sendo utilizados 2 para determinação da resistência e 3 para os ensaios de módulo, que relaciona a deformação do concreto com a tensão aplicada.

O teste se dá utilizando a prensa hidráulica de acionamento automático juntamente com o extensômetro conforme podemos verificar na Figura 34.

Figura 34 - Extensômetro aplicado ao CP

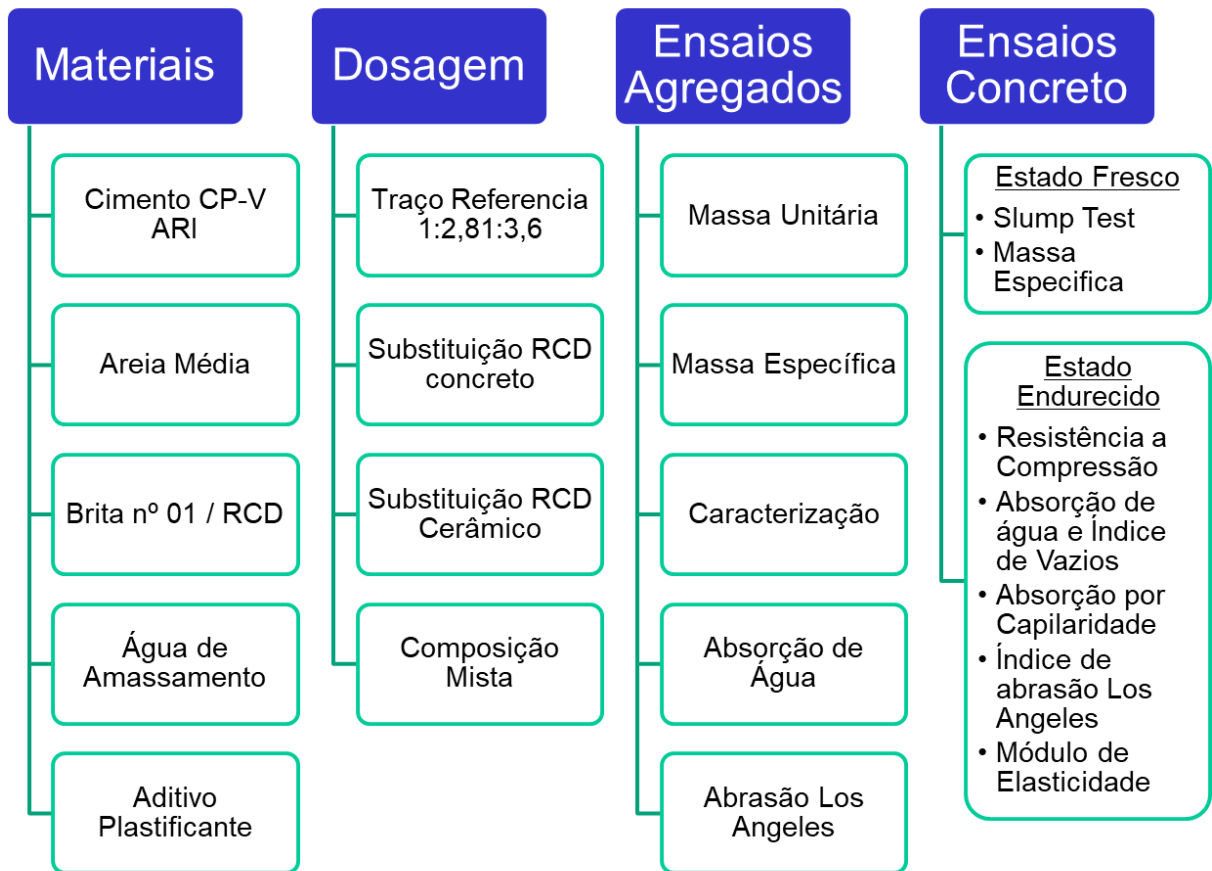


Fonte: Do autor (2018).

3.2.9 Fluxograma de Pesquisa

Foi desenvolvido um fluxograma de apresentação do programa experimental a fim de nortear a execução e obtenção dos resultados conforme demonstrado na Figura 35.

Figura 35 - Plano de Ação da Pesquisa



Fonte: Do Autor (2018).

4 RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo será apresentado os resultados obtidos através da execução do programa experimental apresentado. Para apresentação dos resultados foi analisado as referências estatísticas, realizados o tratamento de espúrio e apresentado o desvio padrão a fim de trazer maior confiabilidade aos resultados dos estudos propostos. Os cálculos, valores parciais, resultados parciais e demais considerações para obtenção dos resultados encontram-se nos apêndices desse trabalho.

4.1 Ensaio concreto em estado fresco

Nesta etapa foram analisadas as propriedades do concreto referência e com resíduos de RCD em seu estado ainda fresco, ou seja, no ato de produção do mesmo. A seguir serão apresentados os resultados dos ensaios de abatimento de tronco de cone (*slump test*) e o de massa específica.

4.1.1 Ensaio de abatimento tronco de cone – *slump test*

O ensaio consiste em analisar e quantificar a trabalhabilidade do concreto produzido. Foram executados ensaios para os traços de brita convencional (concreto referência), RCD Cerâmico, RCD Concreto e composição mista de RCD. Analisamos na Figura 36 o resultado visual do ensaio.

Figura 36 - Abatimento tronco de cone



Fonte: Do autor (2018).

Para uma análise mais detalhada os valores apresentados no ensaio estão expostos na Tabela 10. Como o objetivo do trabalho é fixar a relação água/cimento e manter a trabalhabilidade foi empregado o uso de aditivo na mistura, sendo a quantidade final de aditivo utilizada apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Aditivo x *Slump Test*

Identificação	Plast. (%)	Slump (mm)
Brita comum	0,46%	120
RCD cerâmico	1,23%	110
RCD concreto	0,57%	100
RCD misto	0,96%	110

Fonte: Do autor (2018).

A fim de realizar as comparações de abatimento do concreto produzido, o traço de referência, com agregado gráúdo convencional, foi estipulado em 120 mm, e esse valor foi definido como referência para os demais concretos produzidos com as substituições.

Para atingir a trabalhabilidade de 120 ± 2 milímetros no ensaio de *slump test* mantendo a mesma relação água e cimento foi utilizado a correção através de aditivo químico superplastificante, todos os traços atingiram o valor proposto de trabalhabilidade com doses diferentes de aditivo químico.

O traço que mais se assemelhou a brita convencional foi o com uso de RCD concreto com cerca de 0,57% de aditivo, sendo adicionado 0,11% a mais de aditivo, em relação à referência, para se atingir a trabalhabilidade mínima de 100 mm. O RCD proveniente de peças cerâmicas foi o que mais necessitou o uso de aditivo sendo adicionado 1,23%, um aumento de 0,77% na quantidade de aditivo, ficando com um resultado de 110 mm. Para a composição mista de RCD atingiu-se um valor intermediário do uso de aditivo para se atingir um valor de 110 m no *slump test*.

Para Leite (2001) e Pedrozo (2008) a substituição do agregado natural por proveniente de resíduos é uma questão delicada e deve ser estudada, pois, o agregado reciclado absorve mais água, diminuindo a lubrificação da pasta devido a sua porosidade e ao material pulverulento em seu entorno influenciando negativamente no índice de trabalhabilidade do concreto produzido com esses materiais.

Analisando a prerrogativa exposta pelos autores Leite e Pedrozo (2001) o agregado reciclado afeta diretamente na trabalhabilidade do concreto produzido,

onde o uso de componentes químicos como superplastificante se dá para atingir a trabalhabilidade sem o aumento da quantidade de água.

O *slump test*, como trazido por Leite (2001), conforme é executado nos modelos atuais não é um método mais apropriado para verificar a trabalhabilidade do concreto provido com RCD, devendo ser desenvolvido uma variação do método de abatimento de tronco de cone específico para concretos com uso de RCD.

4.1.2 Massa específica do concreto

O ensaio consiste na obtenção da referência sobre a massa do concreto produzido, cada um dos corpos de prova foi pesado obtendo-se assim a Tabela 12 que traz uma síntese da massa específica por traço executado.

Tabela 12 - Massa específica do Concreto

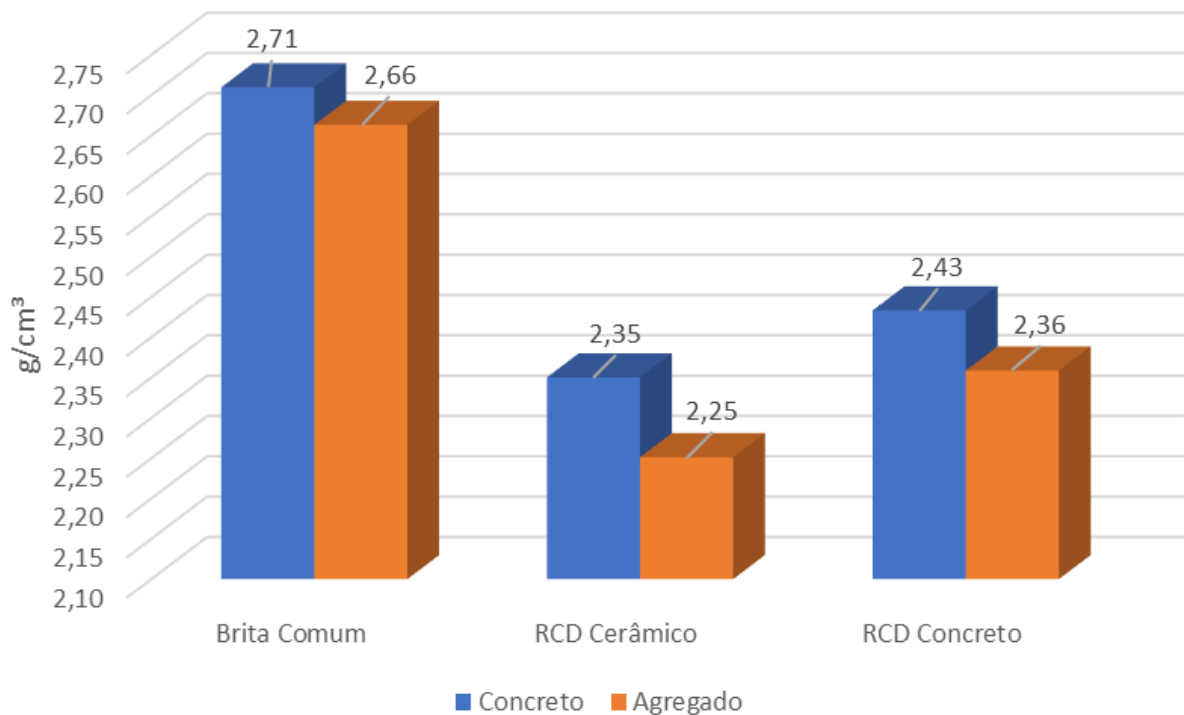
Massa Específica (g/cm ³)				
	Brita Comum	RCD Cerâmico	RCD Concreto	RCD Misto
Média	2,71	2,35	2,43	2,41
Desvio Padrão	0,0848	0,0729	0,1011	0,1673

Fonte: Do autor (2018).

A massa específica do concreto é diretamente ligada ao agregado graúdo utilizado e suas propriedades mecânicas, como porosidade, de desgaste à abrasão e de dimensão (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Vê-se que os concretos produzidos com agregados reciclados geram produtos mais leves que os convencionais. A Figura 37 realiza a comparação entre a massa específica do agregado com a do concreto produzido.

Figura 37 - Massa Específica do concreto x Massa Específica do agregado



Fonte: Do autor (2018).

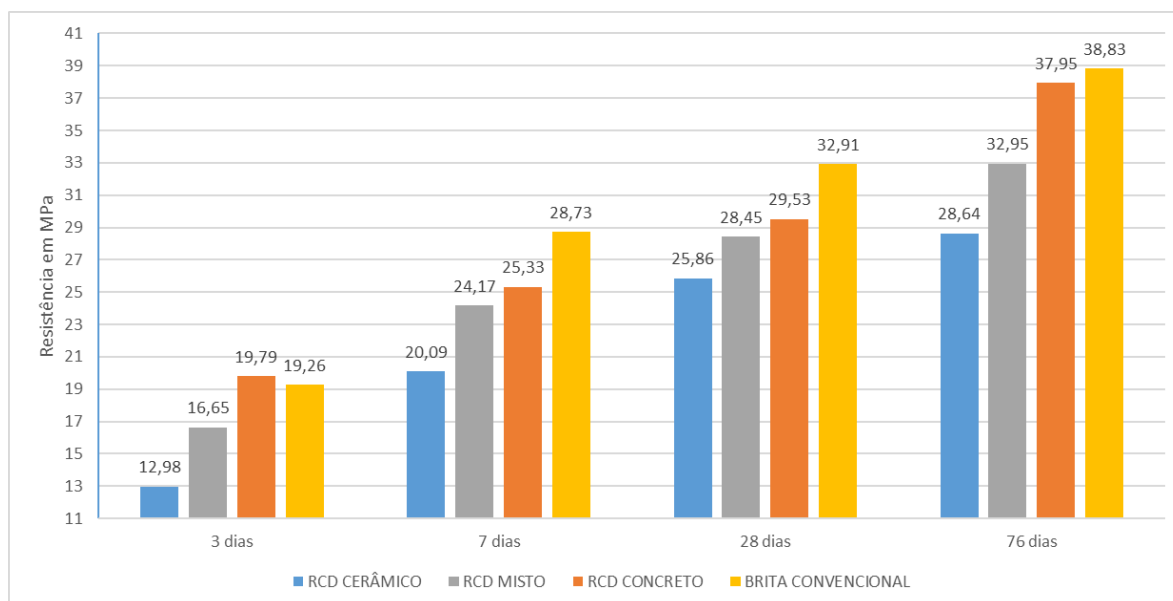
4.2 Ensaio concreto em estado endurecido

A importância de se realizar ensaios no concreto endurecido se dá, pois, as propriedades influenciam diretamente a segurança e estabilidade aonde ele está implantado, para se quantificar as principais características. Entre os resultados estão a resistência à compressão, um dos principais fatores a se analisar, a absorção de água, o índice de vazios, a resistência abrasiva *los angeles* e a capilaridade.

4.2.1 Ensaio de resistência a compressão

ABNT NBR 5739 (ABNT, 2018) orienta a execução dos testes, a Figura 38 representa os resultados obtidos com a ruptura dos corpos de prova nas idades de 3, 7 e 28 dias.

Figura 38 - Gráficos da resistência a compressão



Fonte: Do autor (2018).

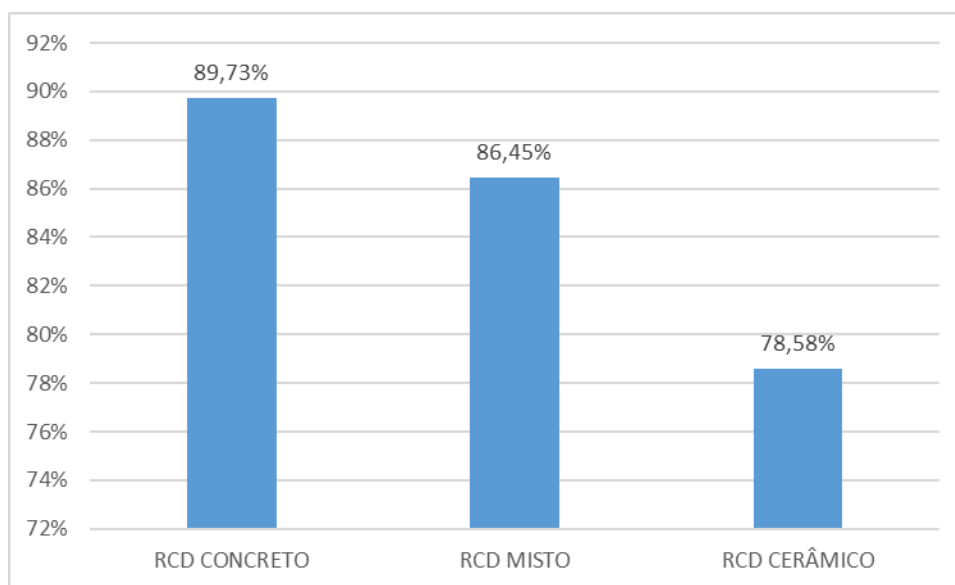
Analisando os valores obtidos nos ensaios de resistência à compressão, executados no Laboratório de Tecnologia da Construção Univates, e comparando com os requisitos mínimos orientados pelo guia prático para a construção de calçadas da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016) e orientação da Caixa Econômica Federal em seu Caderno Técnico de composições para passeios de concreto (CEF, 2016), ambos na referência para concretos moldados *in loco* com ou sem função estrutural, verifica-se que atendem o desempenho mínimo. Para ambos referenciais citados, a orientação é produzir concretos cuja resistência mínima seja de 20 Mpa aos 28 dias do processo de cura. Divide o parágrafo em mais de uma frase.

Foi utilizado cimento Portland CPV-ARI de alta resistência inicial, podemos observar essa característica nos resultados obtidos no processo de 3 dias de cura e rompimento onde a variação de resistência se deu de 12,98 MPa com o uso do RCD cerâmico a 19,79 MPa com o emprego de RCD concreto. Os resultados obtidos nos testes aos 7 dias demonstram que todos os traços executados atingiram o mínimo de 20 MPa orientados pela ABCP (2016) e CEF (2016).

Verificando os resultados apresentados, viu-se que os traços executados com agregado graúdo provindo de resíduos da construção e demolição desenvolvem

menor resistência do que o traço referência usando agregado convencional. Analisando a Figura 39 verificamos o percentual da redução da resistência se comparada com o concreto de referência.

Figura 39 – Ganho Potencial capacidade de compressão em comparação ao agregado natural



Fonte: Do autor (2018).

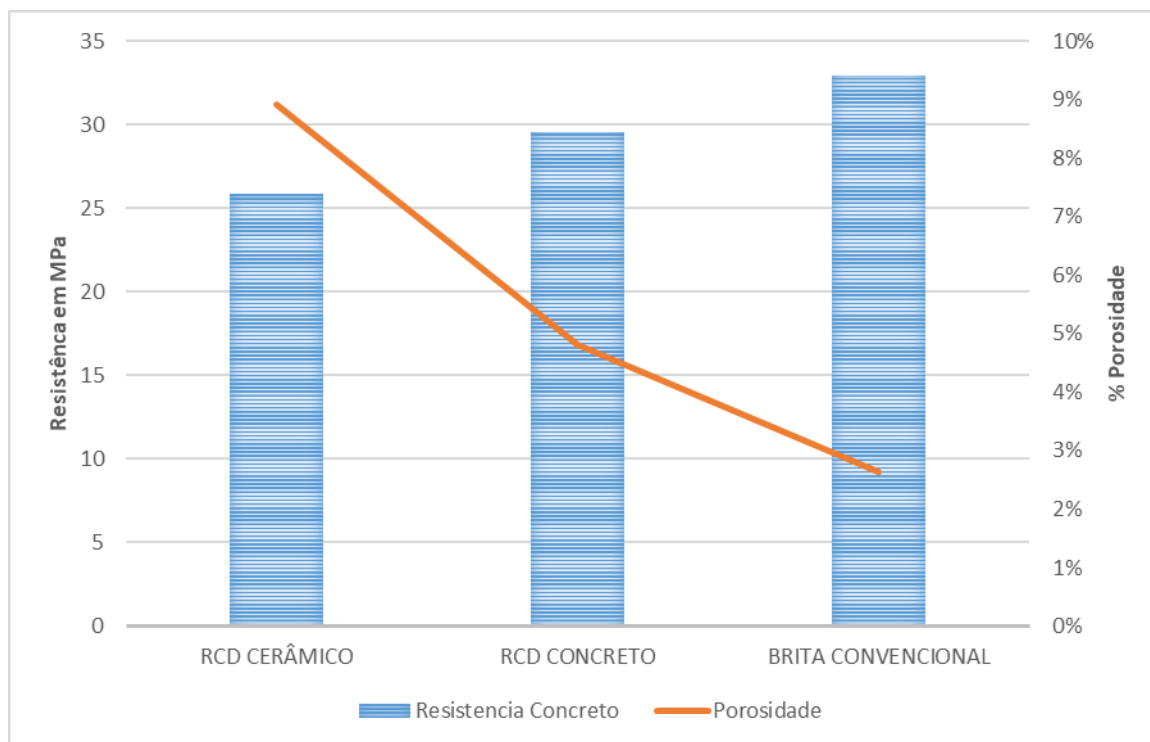
Ao final dos 28 dias percebe-se que o concreto produzido com agregado RCD cerâmico tem um decréscimo de 21%, enquanto o traço composto com agregado graúdo provindo de resíduos de concreto é o que menos apresentou decréscimo na resistência, chegando em apenas 10%, e a composição mista apresentou 13,5% de perda.

Houve discrepância na consistência dos dados apresentado para a primeira idade, onde o traço composto por RCD concreto apresentou valor de resistência superior ao traço padrão de brita convencional, analisando as premissas vemos que esses valores não se concretizaram nas idades posteriores. Isso pode ser dado devido a algum problema de moldagem dos corpos de prova e/ou no processo de ruptura dos mesmos na prensa.

O decréscimo na resistência à compressão nos traços utilizando RCD é uma das consequências devido as características negativas que esses agregados apresentaram, como um alto índice de porosidade e absorção de água, A relação

resistência pela porosidade do material é vista na Figura 40, onde verifica-se que essa relação é inversamente proporcional.

Figura 40 - Resistência a compressão x Porosidade



Fonte: Do autor (2018).

A realidade apresentada pelos resultados nos remete aos estudos de Cabral (2006) onde nenhum dos traços produzidos superaram a resistência do traço usando materiais convencionais. Cabral aponta em seus estudos que este decréscimo de resistência pode chegar até 45%, levando em consideração o tipo de RCD utilizado e a composição do mesmo.

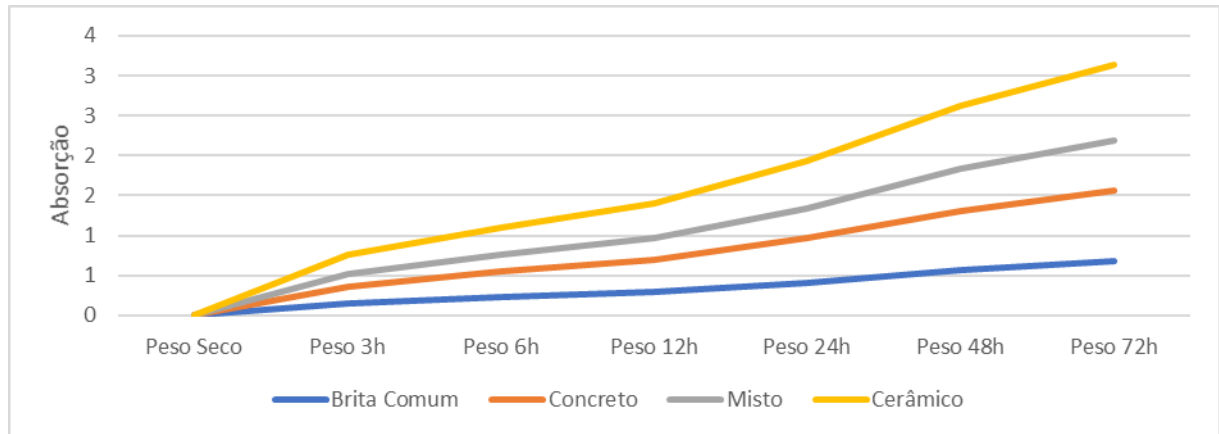
Há vários fatores que influenciam na resistência do concreto, não somente a porosidade, fatores como a moldagem do concreto, o cimento utilizado, os aditivos, o material miúdo, a granulometria, o formato do agregado e a composição química e mineral do mesmo (Rashwan; Abourikz, 1997).

4.2.2 Absorção de água e índice de vazios

A absorção de água constitui um fator importante a ser considerado na produção de concretos para passeios públicos, por ser um material exposto as

intempéries. Na Figura 41 apresenta-se o resultado dos valores de absorção de água por capilaridade executado aos 28 dias do processo de cura.

Figura 41 - Gráfico da Evolução da absorção por capilaridade segundo o tempo

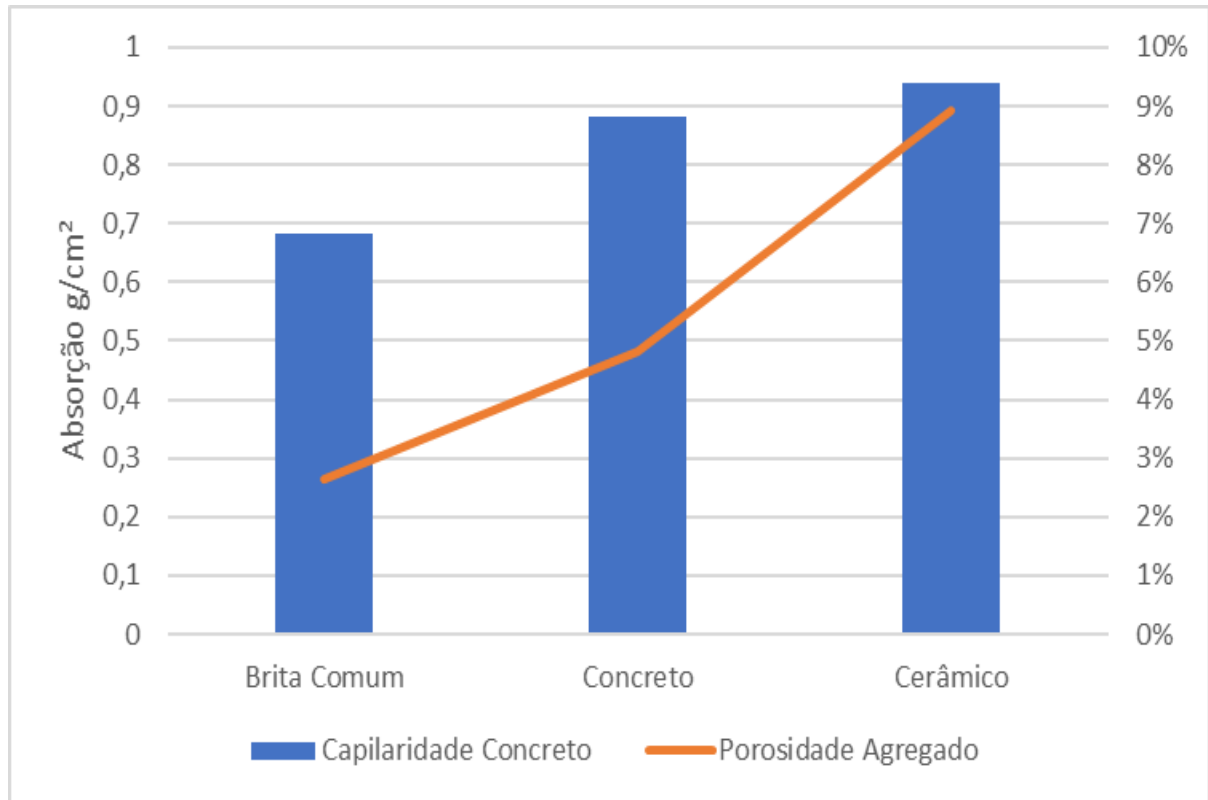


Fonte: Do autor (2018).

Os resultados apresentam a absorção por capilaridade de cada traço executado, como podemos observar o concreto produzido com agregados cerâmicos é o que mais absorve água por capilaridade apresentando 0,24 g/cm² nas primeiras 3 horas atingindo o pico de 0,94 g/cm² após 72 horas de contato à lâmina de água.

Os concretos de ambos os traços apresentaram semelhanças no comportamento ao passar do tempo, sendo que o RCD de concreto é o que mais se aproxima do agregado convencional. Essa dissonância entre os dados estudados é proveniente do reflexo da porosidade do agregado utilizado. A Figura 42 demonstra a relação da porosidade do agregado e a do concreto produzido.

Figura 42 - Capilaridade x Porosidade



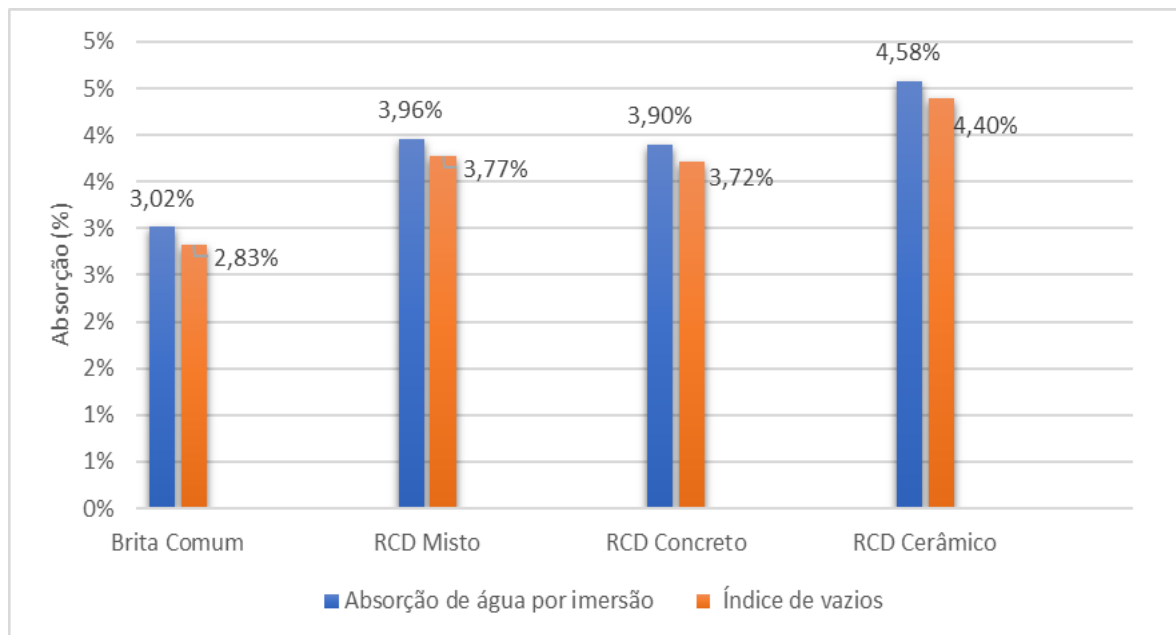
Fonte: Do autor (2018).

O gráfico representa o aumento da absorção de capilaridade relacionado a porcentagem de absorção de água do agregado graúdo utilizado.

4.2.3 Índice de Vazios e Absorção de Água por imersão

Por muitas vezes os concretos usados em passeios públicos estão sujeitos a submersão total em épocas de cheias (enchentes) ou mesmo em enxurradas devido as falhas nos sistemas pluviais das cidades, para tanto a Figura 43 apresenta os valores obtidos pelos testes de absorção e índice de vazios.

Figura 43 - Absorção x índice de vazios



Fonte: Do autor (2018).

Os concretos produzidos com brita comum são os que apresentam melhor resultado nas análises de absorção por imersão e no índice de vazios, sendo 3,02% e 2,83%, respectivamente. A composição utilizando resíduos cerâmicos foi a que apresentou o pior resultado entre todos trabalhados, sendo 4,58% para imersão e 4,40% para índice de vazios nos concretos.

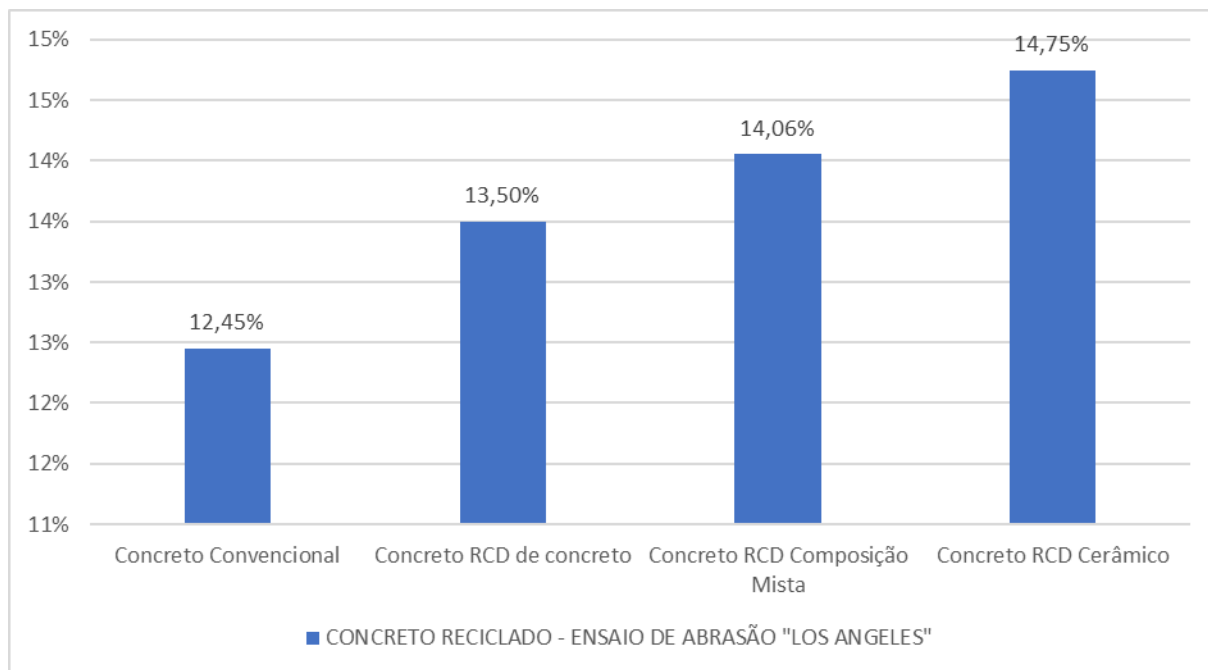
Hansen (1992) nos relata que a porosidade do agregado está relacionada diretamente as características dos concretos por elas produzidos no quesito de quantidade de absorção de água por imersão e no índice de vazios exposto pela amostra. Isso traz maior absorção do composto da pasta cimentícia, evidenciando a aplicação de maiores quantidades de aditivos para compensar a água utilizada.

A variabilidade da forma do RCD afeta na coesão e no encaixe dos agregados dentro do composto, aumentando o número de poros abertos (LIMA, 1999).

4.2.4 Teste de Abrasão Los Angeles

O teste de carga abrasiva avalia a resistência do concreto produzido a processos abrasivos, o teste é executado utilizando o moinho de *los angeles*, na Figura 44 é apresentado os resultados deste teste.

Figura 44 - Valores de abrasão dos concretos produzidos



Fonte: Do autor (2018).

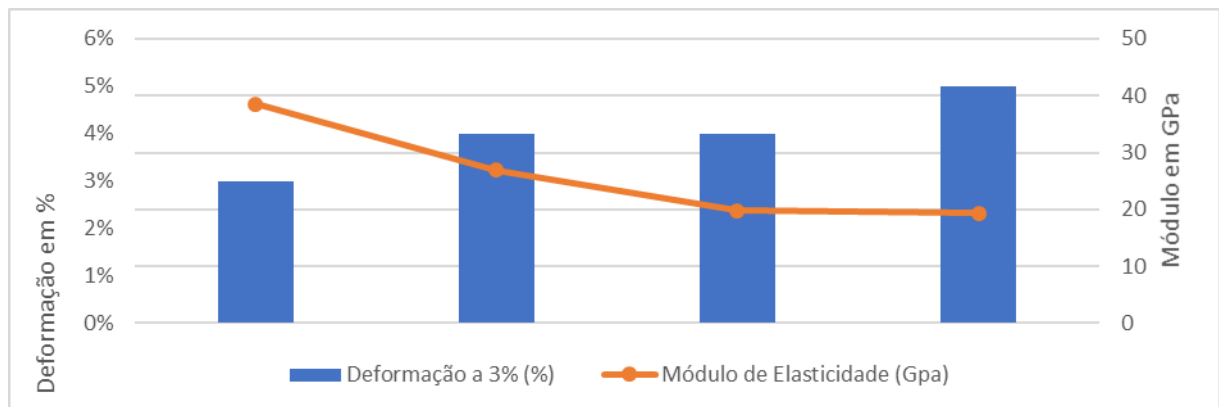
A abrasão por teste de *los angeles* nos apresenta pouca dissonância entre os resultados com uma variação de 2,3% a maior nos concretos produzidos com RCD àqueles produzidos com brita convencional. Os valores de abrasão para RCD cerâmico ficou na faixa de 17,75%, RCD Concreto 13,50%, composição mista de RCD 14,06% e para o uso de brita comum em 12,45%

A pouca variação nos ensaios de abrasão *los angeles* em concretos reciclados para concretos convencionais está pelo fato da pasta cimentícia ser responsável por boa parte da coesão do concreto, sendo ela envolta por toda a superfície do corpo de prova até sua ruptura é o principal fator da resistência abrasiva (LEITE, 2001).

4.2.5 Módulo de Elasticidade

Verificando os valores do módulo de elasticidade e resistência a compressão executados aos 76 dias do processo de cura conforme demonstra a Figura 45.

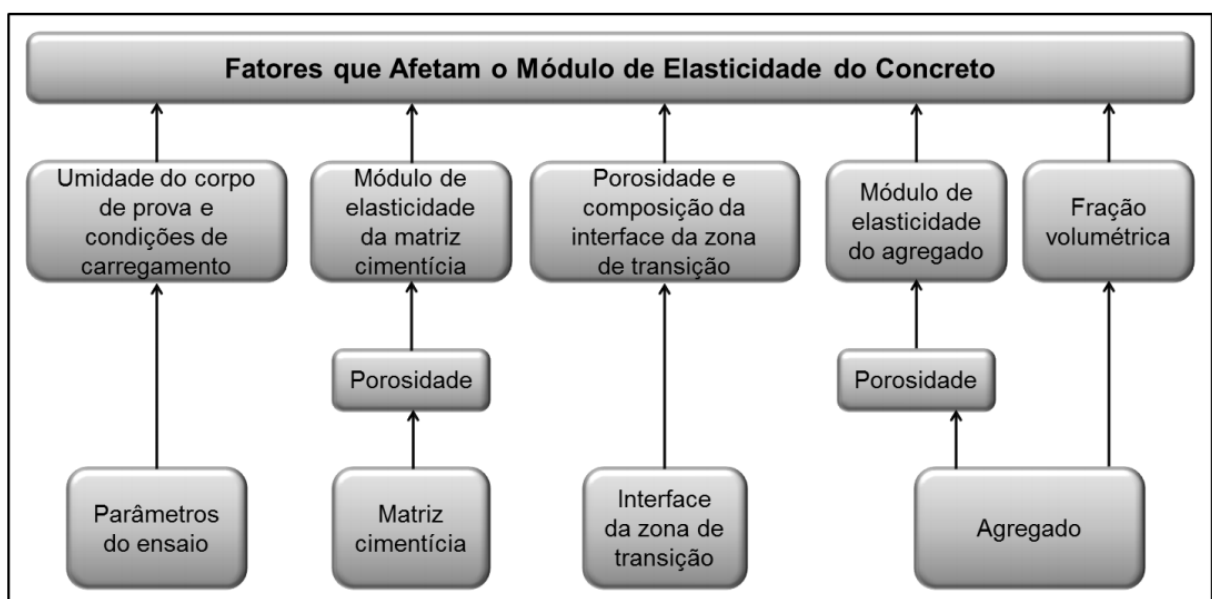
Figura 45 - Modulo de Elasticidade dos Concretos



Fonte: Do autor (2018).

Mehta & Monteiro (2014) revelam em sua pesquisa os fatores principais que afetam diretamente os valores de módulo de elasticidade dos concretos conforme demonstra a Figura 46.

Figura 46 - Fatores que influenciam o módulo de Elasticidade



Fonte: Mehta e Monteiro (2014).

A porosidade encontrada nos diferentes tipos de traços abordados devido a alteração do material usado como agregado graúdo da mistura são o principal fator de alteração dos resultados.

Os valores de módulo de elasticidade são inferiores nos compostos de agregado reciclado, encontrando valores de 19,82 GPa para o traço com agregado cerâmico, 26,85 GPa para traço com uso de agregados de concreto, 19,30 GPa para o traço composto por mistura de RCD e 38,56 GPa para o traço padrão com brita convencional.

5 CONCLUSÃO

A produção de resíduos da construção civil e da demolição está cada vez mais crescente em nossa sociedade, porém o descarte desses materiais não possui um destino apropriado, são por muitas vezes depositados em aterros não licenciados ocasionando diversos problemas ambientais e para a saúde da humanidade, pois são criadores de animais peçonhentos e de transmissores de doenças.

Um dos destinos mais apropriados para esses resíduos é a própria inserção dos mesmos dentro dos processos da construção civil como matéria prima na produção de novos compostos. A partir da necessidade da reincorporação desses resíduos dentro da própria fonte geradora realizou-se as análises das propriedades físicas e mecânicas dos materiais, pré selecionando-os em composições de resíduos de origem cerâmicos e de concretos, e na composição mista de agregados reciclados.

Primeiramente foi avaliado os quantitativos presentes em uma coleta de resíduos numa empresa de tele entulho fornecida aleatoriamente, para tanto foi realizado a triagem e constatado que 65,36% poderiam ser utilizados como objetos deste estudo, ficando assim uma composição de 28,25% cerâmico e 71,75% de concretos do material utilizado, sendo fator usado para determinar a composição mista.

Os ensaios das propriedades mecânicas dos agregados foram realizados para as classes de provimento cerâmicos, concretos e brita convencional para comparação, a seguir resultaram algumas conclusões sobre os agregados.

Os resultados obtidos nos ensaios de massa unitária e massa específica nos relatam que os agregados reciclados possuem menores valores do que os de brita convencional, pois sua composição mineralógica se difere em componentes menos densos de estrutura aberta, tais estruturas favorecem o surgimento de um maior índice de porosidade e absorção de água. Tal estrutura foi evidenciada através dos resultados nos referidos testes.

Foram executados traços usando os compostos reciclados em substituição total aos agregados graúdos convencionais para assim determinar qual a influência que cada tipo de agregado de RCD contribui no concreto fabricado. A seguir será explanado os resultados obtidos nos concretos executados.

Para o estado fresco foi avaliado a consistência do concreto produzido através do ensaio e *slump test*, porém para não afetar as amostras e garantir uma boa trabalhabilidade o emprego de aditivo superplastificante foi utilizado para executar essa correção. Os valores de aditivo, para atingir a consistência definida, são maiores para agregados de origem cerâmicos do que para os de origem de restos de concretos. A massa específica dos concretos produzidos decresceu consideravelmente com o uso de agregado cerâmico em comparação ao uso de RCD de concreto, a composição mista atingiu valores intermediários.

No estado endurecido os resultados demonstraram que ambos os traços são possíveis de serem utilizados na confecção de concretos de passeios públicos, pois todos possuem um valor superior a 20 MPa aos 28 dias. O desempenho dos concretos produzidos com agregados graúdos resíduos de concreto apresentam melhor desempenho dentro dos traços com RCD estudados.

A absorção de água por imersão, índice de vazios e capilaridades dos concretos produzidos demonstram a relação do concreto produzido com as características de porosidade do agregado graúdo por ele constituído. O traço utilizando RCD cerâmico é o que apresenta maiores valores de absorção, sendo o

mesmo mais propício a presença de água em seu interior o que pode gerar a inserção de contaminantes.

Levando em consideração todos os resultados dos diferentes testes vê-se a viabilidade do uso de concretos com agregados reciclados em sua composição na finalidade da produção de passeios públicos não estruturais.

Sendo assim a utilização de resíduos da construção na composição de novos concretos estaria combatendo uma necessidade ambiental que é utilizar o descarte de resíduos da construção e demolição (RCD) em um uso mais nobre que é na incorporação dos mesmos na produção de novos concretos para passeios públicos urbanos, diminuindo o impacto ambiental do descarte e consequentemente diminuindo a extração dos agregados convencionais que é prejudicial ao meio ambiente.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme desenvolveu-se o referido trabalho, verificou-se a necessidade de expansão da pesquisa a fim de aprofundar o tema abordado, buscando sanar questionamentos e limitações. O uso de resíduos da construção é um assunto amplo e complexo onde nem sempre é possível sanar todas as dúvidas no emprego desse material e suas consequências, para tanto sugere-se:

- a) analisar o emprego de outros resíduos da construção além dos cerâmicos e de concreto;
- b) empregar diferentes composições com diferentes tipos de resíduos para analisar o comportamento dos concretos produzidos;
- c) verificar como o concreto utilizando os resíduos reage nas armaduras em concretos estruturais.

REFERÊNCIAS

ABRECON, **Associação Brasileira Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição**. Disponível em: < <http://abrecon.org.br/entulho/historia-do-entulho/>>. Acesso em: 17 março de 2018.

AMORIN, V. L. PEREIRA, G. A. P. NEVES, A. G. FERREIRA, C. H. **Reciclagem de Rejeitos da Construção Civil para Uso em Argamassa de Baixo Custo**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.2, p.222-228, Campina Grande, PB, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Mãos à Obra**. 6 ed. São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos -Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR NM 67: Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 51: Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 10.004: resíduos sólidos – classificação.** 31 de maio de 2004.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações.** Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 8522: Concreto – determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva – tensão-deformação.** Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Perguntas Frequentes.** Disponível em <http://www.anepac.org.br/10/perguntas_respostas.htm>. Acesso em: 11 mar. 2018.

BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, c2004.

BRASIL, Presidência da República e Casa Civil, **Lei 6.938 - Política Nacional do Meio ambiente**, de 31 de agosto de 1981.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** São Paulo, 2007.

CARTILHA: GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM OBRAS DA CAIXA. Site da Caixa Econômica Federal: [s.n.], 2005. Disponível em: <<https://licitacoes1.caixa.gov.br/sicve-web/rs/download?coProtocolo=MFU3MTZDY3BLanUrM1owS2Z4R3hJYU9Mc1o5TlMrekIRUnREWjUwMi96bXdqaXAYs1luVWpNVDZDZXJ1aDZHcg==>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CONSTRUBUSSINESS, *apud*, SOUZA, U. E. L., PALIARI, J. C., VAHAN, A., ANDRADE, A.C. **Diagnóstico e combate de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente Construído. Porto Alegre, 2004.

CRUZ, Fabrício R. da. **Cimento: Diferentes tipos e aplicações.** [s.d] Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes_11959_0_1>. Acesso em: 11 mar. 2018.

GUERRA, Jaqueline S.; **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações.** UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2005.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102 p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

JOHN, V.M. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. (Ed.) **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LOVATO, P. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto**. 2007. 180 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MALHEIROS TF, ASSUNÇÃO JV. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. In: 23º Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Porto Alegre, 2000.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**: Diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. CONAMA, 2002.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999, 190p. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/home>>. Acesso em: 23 março de 2018.

PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas**. 1986. Universidade de São Paulo Universidade de São Paulo.

SANTOS, Almai N.; **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE)**. UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, 2008.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de resíduos da construção civil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, nº da edição? 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2004.

SINDUSCON/MG. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil**. Belo Horizonte, 2005.

SINDUSCON. **MANUAL sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. CE: [s.n.], 2011.

VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2003. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09